

УДК 629.785:523.3

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ “ЛУНА-25” – ВОЗВРАЩЕНИЕ НА ЛУНУ

© 2021 г. П. В. Казмерчук^{а, *}, А. Е. Ширшаков^а

^аНПО им. С.А. Лавочкина, Москва, Россия

*e-mail: KazmerchukPV@laspace.ru

Поступила в редакцию 10.05.2021 г.

После доработки 17.06.2021 г.

Принята к публикации 21.06.2021 г.

В статье представлены основные характеристики миссии “Луна-Глоб” и посадочного аппарата “Луна-25”. Рассмотрены схема полета и посадки, состав космического аппарата и состояние наземной экспериментальной отработки.

Ключевые слова: автоматический космический аппарат, Луна, мягкая посадка

DOI: 10.31857/S0320930X21060050

ВВЕДЕНИЕ

С 9 августа 1976 г., когда была запущена советская автоматическая межпланетная станция “Луна-24”, которая 18 августа совершила мягкую посадку на поверхность Луны в районе Моря Кризисов, Россия не отправляла к Луне космические аппараты (КА) (Ширшаков и др., 2019). КА “Луна-25”, который разрабатывается АО “НПО Лавочкина” в рамках опытно-конструкторской работы “Создание космического комплекса для исследований Луны” (ОКР “Луна-Глоб”) (Федеральная космическая программа, 2016; Хартов, 2015; Khartov и др., 2011), станет первым автоматическим КА, который отправится к Луне для осуществления мягкой посадки в районе Южного полюса после более чем сорокалетнего перерыва и ознаменует начало российской программы исследования и освоения Луны. Выбор для посадки КА полярного района Луны определен многими исследованиями, включая дистанционные наблюдения с орбитальных лунных космических аппаратов и обусловлен возможным существованием там водяного льда и летучих соединений.

Основными задачами КА “Луна-25” являются:

- отработка технологии перелета и мягкой посадки в приполярный район Луны;
- проведение комплексных научных исследований в районе Южного полюса Луны.

КА “Луна-25” создается с использованием последних достижений в области космического приборостроения и с учетом опыта предыдущих лунных экспедиций АО “НПО Лавочкина”.

Запуск КА “Луна-25” запланирован на конец 2021 г. В АО “НПО Лавочкина” ведутся интенсивные работы по наземной экспериментальной отработке бортовых систем и макетов КА.

СТРУКТУРА ЭКСПЕДИЦИИ КА “ЛУНА-25”

Экспедиция КА “Луна-25” состоит из следующих основных этапов:

- старт ракеты “Союз-2” с космодрома Восточный и выведение головного блока (ГБ), состоящего из разгонного блока (РБ) “Фрегат” и КА “Луна-25” на незамкнутую траекторию;
- довыведение разгонным блоком “Фрегат” ГБ на опорную орбиту искусственного спутника Земли (ИСЗ) с наклонением $\sim 51.7^\circ$ и высотой 200 км;
- перевод КА на траекторию перелета к Луне при помощи одного включения РБ “Фрегат”;
- перелет Земля–Луна с проведением траекторных измерений и двух коррекций;
- торможение у Луны и выход КА на круговую околополярную орбиту искусственного спутника Луны (ИСЛ) высотой 100 км;
- проведение на орбите ИСЛ серии траекторных измерений и определение ее фактических параметров;
- проведение связанной коррекций орбиты для устранения ошибок и приведения параметров орбиты к номинальным значениям;
- проведение на орбите ИСЛ серии траекторных измерений и уточнение ее фактических параметров; на этом этапе должен быть выбран район посадки (основной или резервный);

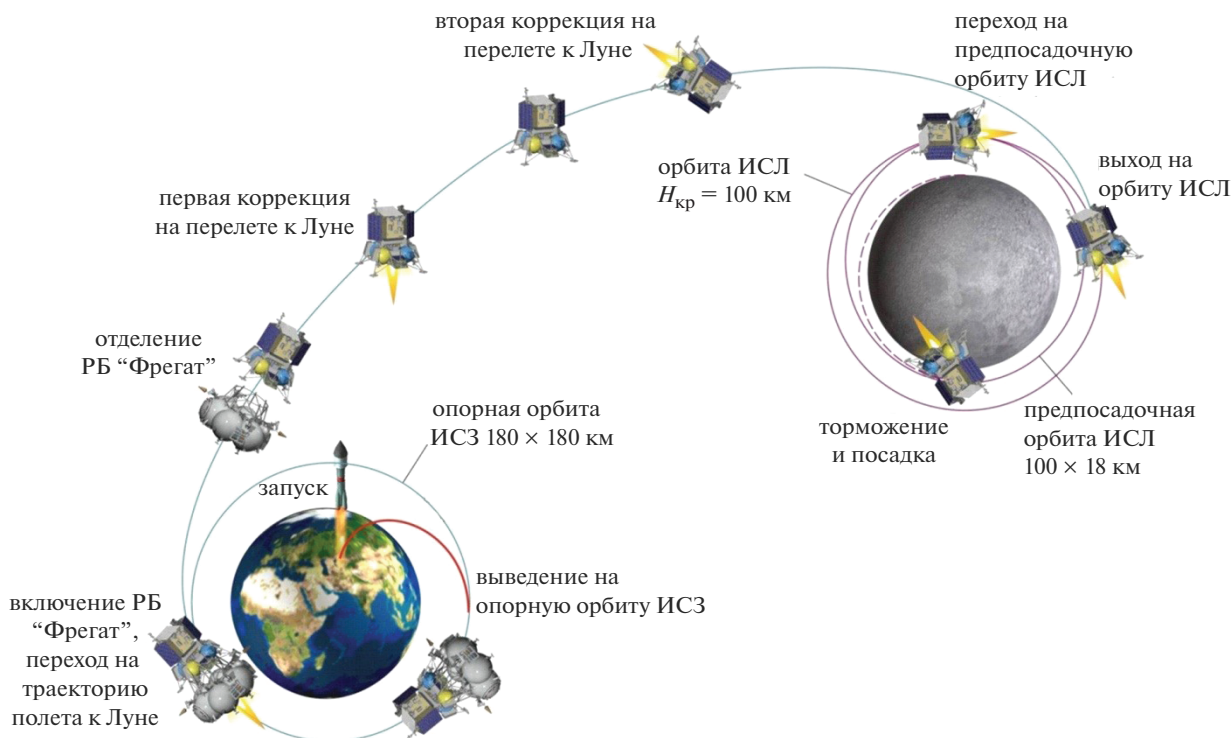


Рис. 1. Схема полета КА "Луна-25".

— проведение маневра по формированию посадочной орбиты с высотой периселения 18 км, располагающегося над районом предстоящей посадки;

— проведение на посадочной орбите ИСЛ с низким перицентром серии траекторных измерений, уточнение параметров орбиты ИСЛ, расчет и ввод полетного задания на программу торможения;

— включение двигательной установки КА для перевода на траекторию спуска и осуществление мягкой посадки на поверхность Луны.

Время полета от старта до выхода на орбиту ИСЛ по энергетически оптимальным траекториям перелета составляет от 4.5 до 5.5 сут, время на-

хождения на орбите ИСЛ по технологическим причинам органично и составляет не более 7 сут.

Схема полета КА "Луна-25" представлена на рис. 1.

Посадка будет производиться в один из двух районов Южного полюса со следующими селенографическими координатами (см. табл. 1).

Схема посадки КА "Луна-25" представлена на рис. 2. Программа ориентации КА в сеансе "Посадка" предполагает наличие следующих участков:

— подготовительного участка, с использованием звездных приборов ориентации, бесплатформенных инерциальных блоков;

— участка управления КА с проведением калибровки нулевых сигналов углоизмерительных и акселерометрических каналов измерений;

— участка переориентации КА с калибровкой масштабных коэффициентов углоизмерительных каналов;

— участка успокоения КА;

— участка переориентации КА в положение, соответствующее включению корректирующего тормозного двигателя (КТД);

Таблица 1. Координаты посадки в районе Южного полюса Луны

Район	Широта	Долгота
К северу от кратера Богуславский (основной)	$69^{\circ}32'$ ю.ш.	$43^{\circ}32'$ в.д.
К юго-западу от кратера Манцини (резервный)	$68^{\circ}46'$ ю.ш.	$21^{\circ}12'$ в.д.

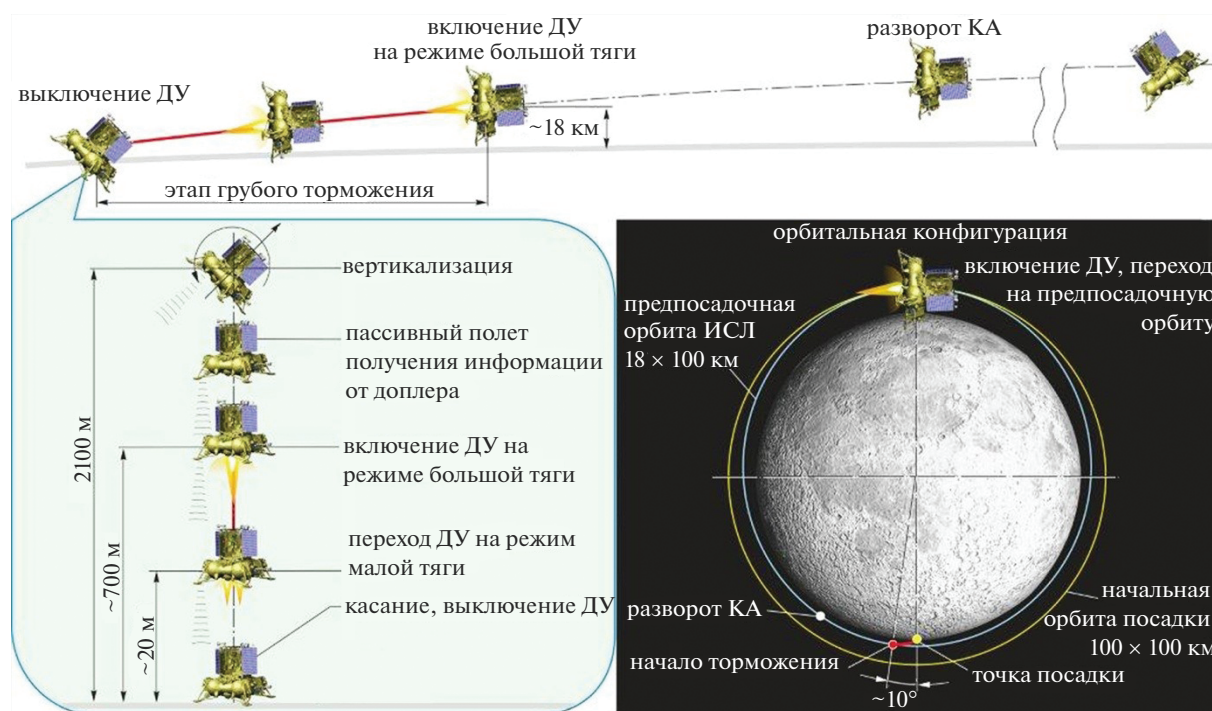


Рис. 2. Схема посадки КА “Луна-25”.

– участка включения доплеровского измерителя скорости и дальности, проверки его работоспособности и других бортовых систем;

– последовательного выполнения участков основного торможения, свободного падения, повторного торможения и участка спуска с постоянной скоростью.

В момент касания одного из датчиков посадочных опор с поверхностью выдается команда на выключение всей двигательной установки и КА опускается на поверхность Луны с вертикальной скоростью от 1.5 до 3 м/с, остаточной горизонтальной скоростью не более 1 м/с и углом отклонения продольной оси от гравитационной вертикали не более 7° .

После посадки и наведения направленной антенны на Землю начинается этап функционирования КА на поверхности Луны в течение одного года.

В процессе функционирования на поверхности Луны выполняются следующие задачи:

- наведение направленной антенны (НА) на Землю;
- обеспечение функционирования служебных систем при проведении сеансов работы с научной аппаратурой и пребывании в дежурном режиме;

– обеспечение функционирования научной аппаратуры;

– обеспечение двухсторонней связи с Землей через БА КИС для контроля основных операций, выполняемых на поверхности Луны;

– обеспечение передачи на Землю научной информации через РУ ПНИ;

– обеспечение панорамной съемки поверхности Луны, в том числе с помощью манипулятора в заданном направлении;

– выполнение манипулятором операций забора грунта и загрузки грунта для анализа в приемник научного прибора;

– панорамная съемка, забор грунта осуществляются в первый лунный день (14.5 земных сут).

Функционирование КА на поверхности Луны организуется по циклической программе, привязанной к лунному дню и лунной ночи.

На протяжении лунной ночи аппаратура КА полностью выключена с обеспечением требуемого теплового режима от радиоизотопного термоэлектрического генератора (РИТЭГ). На время лунной ночи остаются включенными часы реального времени, получающие питание от РИТЭГ. Выключение питания борта на заходе Солнца и включение на восходе происходит автоматически по логике взаимодействия настроенных по ко-

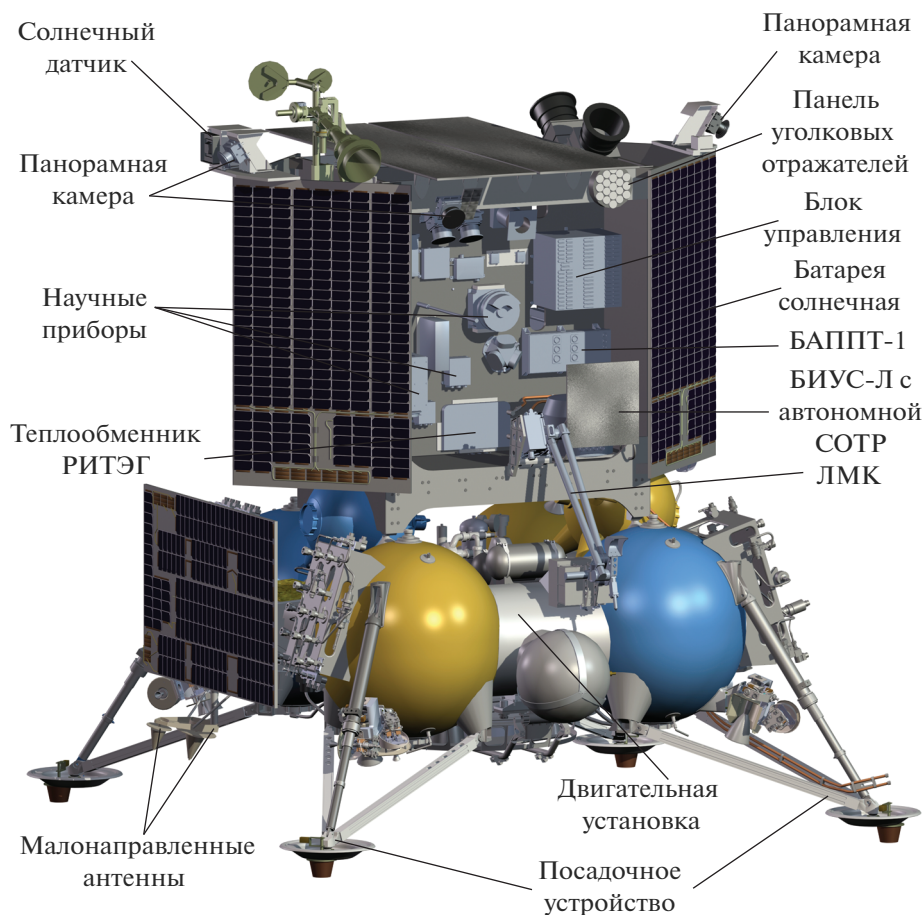


Рис. 3. Общий вид и основные системы КА “Луна-25”.

мандно-программной информации (КПИ) часов реального времени и автоматики системы электроснабжения (СЭС).

Основные операции по работе комплекса научной аппаратуры (КНА) выполняются во время лунного дня. Длительность, энергетические возможности функционирования КА и возможность работы КНА после и перед заходом Солнца будут определяться с учетом реальной ориентации солнечных панелей КА на поверхности Луны, состояния аккумуляторной батареи (АБ) через три-пять лунных ночей, а также теплового режима.

В течение лунного дня (14,5 сут) с соблюдением суточного энергобаланса КА должен выполнить следующую программу:

- проведение сеансов научных исследований с записью научной информации в блок управления КНА;

- сеансы связи с воспроизведением информации научной аппаратуры и ввода КПИ (наведение направленной антенны на Землю осуществляется однократно в первом сеансе);

- нахождение в дежурном режиме с восполнением заряда аккумуляторной батареи.

В течение лунной ночи (14,5 сут) КА находится в режиме выживания с полностью выключенной аппаратурой.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА “ЛУНА-25”

КА “Луна-25” является частью космического комплекса “Луна-25”, в состав которого также входят:

- ракетно-космический комплекс;
- наземный комплекс управления;
- наземный научный комплекс.

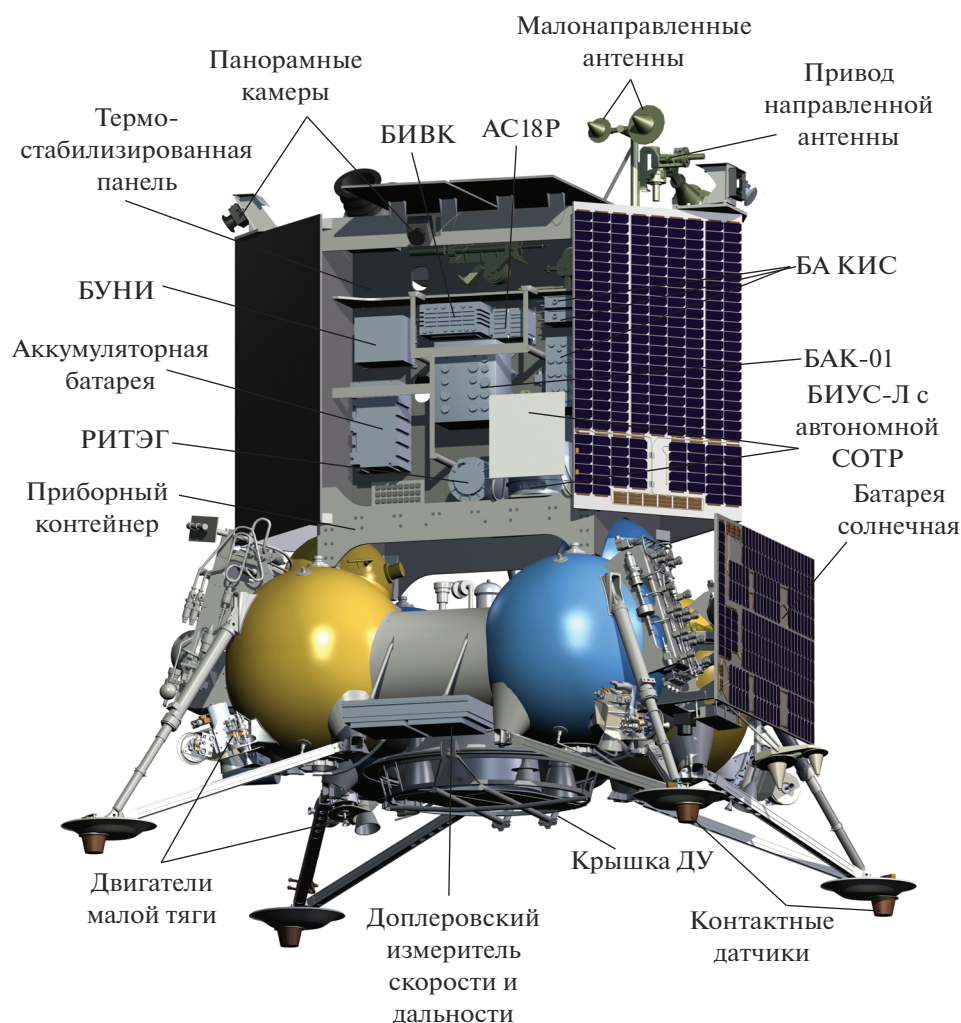


Рис. 4. Общий вид и основные системы КА “Луна-25”.

Основными характеристиками КА “Луна-25” являются следующие:

- масса КА 1750 кг;
- масса научной аппаратуры (научные приборы, лунный манипуляторный комплекс (ЛМК) и служебную телевизионную систему) 30 кг;
- скорость передачи служебной информации не менее 1 Кбит/с;
- скорость передачи с КА научной информации не менее 4 Мбит/с;
- максимальная дальность радиосвязи, обеспечиваемая наземными и бортовыми средствами, 410 тыс. км;
- срок активного существования 1 год.

Общий вид КА и основные системы представлены на рис. 3 и 4.

В табл. 2 представлен состав и массовая сводка КА “Луна-25”.

НАЗЕМНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА КА “ЛУНА-25”

В соответствии с комплексной программой экспериментальной отработки (КПЭО) КА предусмотрено создание 16 изделий, из них завершено испытание 11. Перечень экспериментальных изделий их назначение и статус отработки представлен в табл. 3.

КА “Луна-25” изготавливается по “протолетной” технологии – материальная часть изделия электрорадиотехнических испытаний после завершения ЭРТИ будет переведена в статус летного изделия и, пройдя наземные испытания по программе летного изделия, будет запущена в космос.

Таблица 2. Состав и массовая сводка КА “Луна-25”

Наименование		Масса, кг
1.	Двигательная установка (ДУ)	274.2
2.	Бортовой комплекс управления (БКУ)	43.8
3.	Блок управления (БУ)	13.0
4.	Блок автоматики и подрыва пиротехники (БАППТ)	4.2
5.	Бортовая аппаратура командно-измерительной системы (БА КИС)	16.7
6.	Радиопередающее устройство X-диапазона для передачи научной информации (РУ ПНИ)	3.1
7.	Телеметрическая система (ТМС-Л)	4.0
8.	Антенно-фидерная система БА КИС (АФС БА КИС)	7.78
9.	Антенно-фидерная система РУ ПНИ (АФС РУ ПНИ)	2.39
10.	Система электроснабжения	26.3
11.	Радиоизотопный термоэлектрический генератор (РИТЭГ)	6.7
12.	Радиоизотопный источник тепла 2 шт. (ТБ-8.5)	0.4
13.	Система контроля и электризации (СКЭ)	1.0
14.	Система световых маяков (ССМ) (Багров и др., 2019)	1.0
15.	Панель уголковых отражателей (ПУО)	1.0
16.	Конструкция и механизмы	84.93
17.	Комплекс научной аппаратуры (КНА)	30.0
18.	Средства обеспечения теплового режима (СОТР)	42.9
19.	Бортовая кабельная сеть (БКС)	42.2
20.	Адаптер с устройством отделения и БФК	145.0
КА “Луна-25” незаправленный		750.6
Максимальная заправка		999.4
КА “Луна-25” заправленный		1750.0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация космической экспедиции “Луна-Глоб” (КА “Луна-25”) является важным шагом в освоении космического пространства, который позволит на качественно новом уровне взглянуть на перспективы освоения планет Солнечной системы, понять механизмы зарождения планет, появления воды и, следовательно, жизни на Земле. Проект “Луна-Глоб” важен, в том числе и для

престижа России. Не секрет, что давно и успешно реализованы лунные проекты в США, Китае, Индии, странах Евросоюза. Более того, в настоящее время прорабатываются миссии к Луне на уровне частных компаний, с привлечением волонтеров из разных стран, включая студентов ВУЗов и аспирантов.

Успешная реализация российского проекта “Луна-Глоб” позволит:

Таблица 3. Перечень экспериментальных изделий

	Изделие/Назначение	Статус отработки	Внешний вид
1.	3101 – антенное изделие КА/ – комплексная отработка электро- радиотехнических характеристик антенн и антенно-фидерных устройств; – отработка диаграмм направлен- ности антенн КА	Испытания завершены	
2.	3102 – конструкторский макет КА/ – объемное макетирование; – проверка правильности кон- структивных решений; – отработка технологии сборки и монтажа	Испытания завершены	

Таблица 3. Продолжение

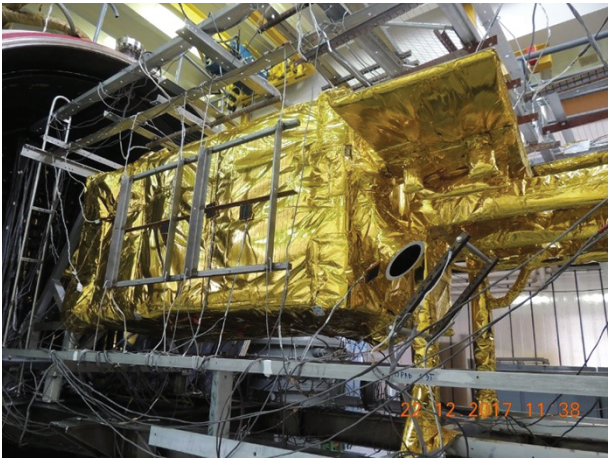
	Изделие/Назначение	Статус отработки	Внешний вид
3.	3107 — изделие тепловакуумных испытаний/ — проверка достаточности разработанных СОТР для обеспечения заданных температурных диапазонов на элементах конструкции; — проведение оценки температурных параметров объекта испытаний	Испытания завершены	
4.	3107/1 — изделие автономных тепловакуумных испытаний (ТВИ) термо-стабилизированной панели/ — проверка температурных режимов ТСП	Испытания завершены	

Таблица 3. Продолжение

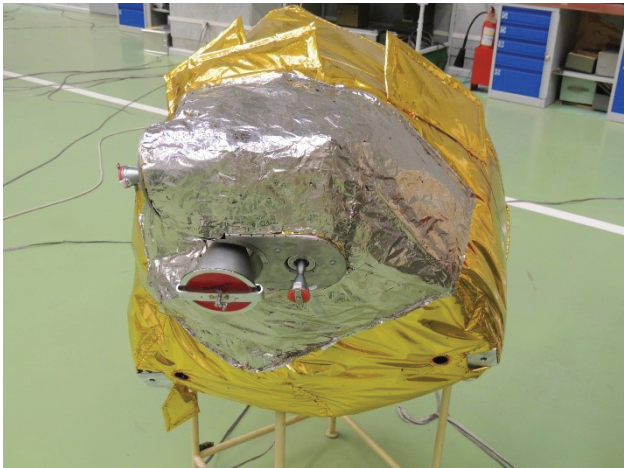
	Изделие/Назначение	Статус отработки	Внешний вид
5.	3107/2 – изделие автономных ТВИ фрагмента ДУ с двигателями малой тяги/ – проверка температурных режимов двигателей малой тяги	Испытания завершены	
6.	3107/3 – изделие тепловакуумных испытаний для автономных ТВИ выносной конструкции/ – проверка температурных режимов выносной панели научной аппаратуры	Испытания завершены	
7.	3108 – габаритно-заправочный макет (ГЗМ)/ – отработка наземного технологического оборудования ТК; – отработка операций заправки	Испытания	

Таблица 3. Продолжение

	Изделие/Назначение	Статус отработки	Внешний вид
8.	3110 — изделие статических и динамических испытаний (ВСИ)/ — отработка прочности изделия при воздействии статических и динамических нагрузок, включая акустическое нагружение	Испытания	
9.	3150 — ДУ холодных сливов (ДУ ХС)/ — подтверждение работоспособности пневмогидравлической системы наддува и подачи топлива ДУ КА	Испытания завершены	

Таблица 3. Продолжение

	Изделие/Назначение	Статус отработки	Внешний вид
10.	3135 – ДУ огневых стендовых испытаний (ДУ ОСИ)/ – подтверждение работоспособности ДУ КА; – определение динамических характеристик тракта управления ДУ	Испытания	
11.	3105 – изделие электрорадиотехнических испытаний (ЭРТИ)/ – отработка электрической стыковки составных частей КА; – отработка логики работы КА и типовых сеансов в соответствии с программой полета; – отработка технологического цикла испытаний КА	Изготовление	 

Таблица 3. Продолжение

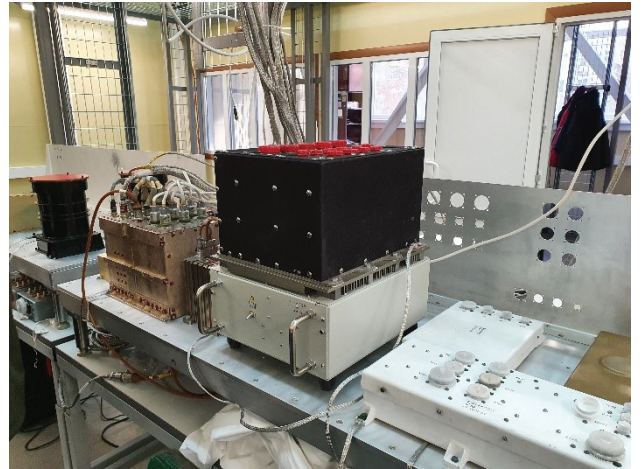
	Изделие/Назначение	Статус отработки	Внешний вид
12.	3105/1 – изделие отработки СЭС/ – отработка взаимного функционирования СЧ СЭС	Испытания завершены	
13.	3105/2 – изделие отработки аппаратного и логического взаимодействия/ – отработка взаимного функционирования БУ, БАППТ и ТМС	Испытания завершены	
14.	3118/1 – изделие электрических испытаний/ – проверка и отработка функционирования электроагрегатов КА с использованием имитаторов бортовой аппаратуры; – отработка функционирования программного обеспечения бортового комплекса управления	Испытания	 

Таблица 3. Окончание

	Изделие/Назначение	Статус отработки	Внешний вид
15.	3111/1 – изделие бросковых испытаний/ – проверка функционирования посадочного устройства; – подтверждение устойчивости КА в процессе посадки при штатных условиях подхода	Испытания завершены	
16.	3111/2 – изделие отработки динамики посадки КА/ – экспериментальное подтверждение динамики посадки КА на поверхность грунтовой модели Луны; – подтверждение устойчивости КА к опрокидыванию	Испытания завершены	

– подтвердить технологический статус России, как государства, обладающего возможностями по доставке на Луну полезной нагрузки;

– создать технологический задел для реализации последующих лунных миссий;

– обеспечить гарантированный доступ России на поверхность Луны;

– начать исследования Луны с новым качеством;

– впервые в мире начать исследования грунта Луны в области Южного полюса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Шириаков А.Е., Карчаев Х.Ж., Мошнеев А.А., Лоханов И.В.
На шаг вперед (к 80-ти летию ОКБ НПО имени

С.А. Лавочкина) // Вестн. НПО им. С.А. Лавочкина. 2019. № 2. С. 3–18.

Федеральная космическая программа России на 2016–2025. Утв. постановлением Правительства РФ от 23 марта 2016 г. № 230. URL: <http://www.roscosmos.ru/22347/> (дата обращения: 29.09.2016).

Хартон В.В. От исследования к освоению ресурсов Луны. Вчера и завтра (к 50-летию космической деятельности АО “НПО Лавочкина”) // Вестн. НПО им. С.А. Лавочкина. 2015. № 3. С. 8–13.

Khartov V.V., Dolgoplov V.P., Efanov V.V., Zaytseva O.N. et al. New Russian lunar unmanned space complexes // Sol. Syst. Res. h 2011. V. 45. № 7. P. 690–696.

Багров А.В., Вернигора Л.В., Казмерчук П.В., Сысоев В.К. Методика вычисления времени видимости оптических лазерных маяков на борту околоземных КА с помощью наземных оптических средств наблюдения // Вестн. НПО им. С.А. Лавочкина. 2019. № 3. С. 52–56.