

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
НА ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКУЮ РАБОТУ**

«Разработка спутниковой платформы нанокласса SamSat-Science»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Наименование, шифр ОКР, основание, исполнители и сроки выполнения ОКР	3
2. Цель выполнения ОКР	4
3. Тактико-технические требования к платформе	5
4. Техничко-экономические требования.....	16
5. Требования по видам обеспечения.....	16
6. Требования к сырью, материалам и комплектующим изделиям межотраслевого применения.....	20
7. Требования по консервации, упаковке и маркировке	20
8. Специальные требования	20

1. Наименование, шифр ОКР, основание, исполнители и сроки выполнения ОКР

- 1.1. Наименование ОКР: Разработка спутниковой платформы нанокласса «SamSat-Science» для проведения фундаментальных и прикладных исследований в космосе
- 1.2. Шифр ОКР:
- 1.3. Основание для выполнения ОКР:
- 1.4. Заказчик:
- 1.5. Финансирование работ осуществляется:
- 1.6. Срок выполнения работ:

2. Цель выполнения ОКР

2.1 Цель выполнения ОКР

Целью выполнения ОКР является разработка и изготовления спутниковой платформы нанокласса «SamSat-Science» (далее платформа) для проведения фундаментальных и прикладных исследований в космосе.

2.2 Назначение спутниковой платформы нанокласса «SamSat-Science»

- Обеспечение условий штатного функционирования полезной нагрузки в составе наноспутника для решения следующих задач:

1. Мониторинг околоземного космического пространства и космической погоды;
2. Измерения параметров солнечной активности;
3. Определения основных характеристик солнечно-земных связей;
4. Мониторинг объектов космического мусора.

- Получение новых сведений об особенностях движения и стабилизации малоразмерных космических аппаратов;

- Верификация перспективных алгоритмов управления движением и навигации;

- Верификация перспективных алгоритмов обработки информации на борту малоразмерных космических аппаратов;

- Оценка возможностей поддержания заданных целевых орбит, в условиях воздействия атмосферы и гравитационного поля Земли;

- Отработка технологии управления наноспутником из центра управления полетом (ЦУП) Самарского университета с использованием нескольких приемных станций;

- Отработка технологий управления наноспутником и передачи данных с помощью систем низковысотной спутниковой связи;

- Отработка технологии повышения живучести наноспутника за счет интеллектуализация бортового программного обеспечения.

3. Тактико-технические требования к платформе

3.1 Состав спутниковой платформы нанокласса «SamSat-Science»

- Рама платформы;
- Система электропитания (СЭП);
- Система связи (СС);
- Система управления движением (СУД);
- Бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ);
- Система обеспечения теплового режима (СОТР);
- Навигационную аппаратуру потребителя (НАП) систем ГНСС;
- Система интеграции полезной нагрузки (СИПН)
- Двигательная установка (ДУ) (опционально).

Примечания:

- Состав спутниковой платформы нанокласса «SamSat-Science» может меняться на всех этапах выполнения работ.

3.2 Требования назначения

3.2.1 Требования к платформе:

Платформа «SamSat-Science» должна обеспечивать:

- штатное функционирование ПН;
- передачу телеметрической и научной информации по радиоканалу в ЦУП Самарского университета;
- получение команд управления с ЦУП Самарского университета;
- управление полётом платформы в части ориентации относительно центра масс платформы;
- обеспечение ориентированного полета;
- обеспечение пассивных режимов стабилизации;
- автономное выполнение платформой заданной программы полёта и изменение программы полета по командам с ЦУП;
- телеметрический контроль работы бортовых систем и ПН;

- контроль и управление платформой на всех этапах орбитального полёта с ЦУП Самарского университета;
- Платформа должна функционировать на орбитах высотой до 700 км;
- Масса платформы не должна превышать 10 кг;
- Сход с орбиты должен происходить самоторможением в плотных слоях атмосферы или при выдаче тормозного импульса при наличии ДУ;
- Проведение диагностических мероприятий;
- Платформа должна обеспечивать сбор и хранение научной и телеметрической информации с заданной кратностью;
- Срок активного существования платформы должен составлять не менее 6 месяцев – 1 год в зависимости от требований миссии.

3.2.2 Требования к раме платформы:

Рама платформы должна обеспечивать:

- Механическую интеграцию бортовых систем платформы и полезной нагрузки (ПН);
- Соответствие геометрических характеристик формату CubeSat 6U;
- Многократную собираемость / разбираемость платформы;
- Возможность установки неориентируемых раскрывающихся / нераскрывающихся панелей солнечных батарей (ПСБ);
- Установку контактов отделения;
- Возможность установки ПН внутри и/или на внешней стороне платформы;
- Возможность экранирования критически важных систем платформы от влияния высокоэнергетических частиц;
- Возможность установки специальных средств, позволяющих осуществить запуск с борта МКС;
- Возможность установки балансировочных масс для обеспечения заданного пассивного режима ориентации;
- Обеспечение диагностического доступа к бортовым системам и ПН;

- Возможность установки трансформируемых конструкций для ПН.

3.2.3 Требования к системе электропитания:

В состав СЭП должны входить:

- Система аккумуляторных батарей;
- Фотоэлектрические преобразователи (ФЭП);
- Устройство преобразования энергии и контроля электропитания;

3.2.3.1 Требования к системе аккумуляторных батарей

Система хранения электроэнергии должна обеспечивать:

- Возможность работы в диапазоне температур от 0 до +60 °С;
- Штатную работу бортовых систем платформы и ПН на теневом участке орбиты;
- Подогрев АКБ до рабочего диапазона температур;
- Возможность многократных циклов заряда/разряда;
- Электрическую емкость не менее 2 Ач;
- Минимальный пиковый ток разряда 2 А.

Элементы хранения энергии должны представлять собой литий-ионные аккумуляторные батареи (АКБ).

3.2.3.2 Требования к фотоэлектрическим преобразователям

ФЭП должны обеспечивать:

- Эффективность преобразования световой энергии Солнца в электрическую на низкой околоземной орбите не менее 28 %;
- Генерацию энергии не менее 30 Вт в случае установки раскрывающихся СБ и 15 Вт в случае нераскрывающихся СБ;
- Возможность установки на трансформируемые конструкции.

3.2.3.3 Требования к устройству преобразования энергии и контроля электропитания (УПЭКЭ)

УПЭКЭ должно обеспечивать решение следующих задач:

- Подача питания на аппаратуру номиналом 3,3 В, 5 В и напряжения АКБ;
- Потребление по каналам 3,3 В, 5 В не более 2 А и напряжение АКБ 1А (значения могут быть изменены по согласованию с заказчиком);
- Осуществлять зарядку системы хранения энергии при пролёте по освещённому участку траектории;
- Потери при преобразовании энергии не должны превышать 25%;
- Максимальная мощность, получаемая с ФЭП не более 50 Вт;
- Контроль разряда/заряда системы хранения энергии.

3.2.4 Требования к системе связи:

В состав СС должны входить:

- Приемопередатчик основной (ПП);
- Приемопередатчик вспомогательный (ПП-В) (опционально);
- Антенная система (АС);
- Модем низковысотной спутниковой системы связи (МНССС).

3.2.4.1 Требования к приемопередатчику

ПП должен обеспечивать решение следующих задач:

- Передача информации со скоростью не ниже 1200 бит/с;
- Мощность передатчика не менее 30дБмВт;
- Чувствительность приемника не менее -116дБмВт;
- Передача и прием данных в радилюбительском диапазоне частот (432-438 МГц и /или 144-146 МГц);
- Возможность работы в диапазоне температур от -10 до +50 °С.

3.2.4.2 Требования к вспомогательному приемопередатчику

ПП-В должен обеспечивать решение следующих задач:

- Передача информации со скоростью не ниже 3 Мбит/с;
- Передача данных в X- диапазоне частот;
- Возможность работы в диапазоне температур от -10 до +50 °С;
- Независимая работа от основного ПП;
- Допускается совмещение приемного и передающего модулей;
- Опциональное использование приемного модуля.

3.2.4.3 Требования к антенной системе

Антенная система состоит из:

- Антенное устройство ПП;
- Антенное устройство ПП-В;
- Антенное устройство МНССС.

Антенная система должна обеспечивать решение следующих задач:

- Осуществление приёма и излучения радиосигнала в радиолобительском диапазоне (в соответствии частотными диапазонами ПП) вне зависимости от ориентации НС;
- Осуществление приёма (опционально) и излучения радиосигнала в X- диапазоне частот (в соответствии частотными диапазонами ПП-В);
- Осуществление приёма и излучения радиосигнала в соответствии частотными диапазонами МНССС;
- Контроль развёртывания/неразвёртывания антенной системы (при наличии разворачиваемых антенн).

3.2.5 Требования к системе управления движением

СУД должна обеспечивать решение следующих задач:

- Демпфирование угловых скоростей после отделения платформы от средства выведения до уровня 0,1 град/сек;

- Определение ориентации платформы с точностью не хуже 0,5 град;
- Поддержание ориентации с точностью не хуже 1 град на время проведения измерений;
- Реализация пассивных режимов стабилизации;
- Автоматическое поддержание режимов ориентации:
 - на Солнце;
 - для обеспечения максимального значения баллистического коэффициента для схода с орбиты;
 - по вектору набегающего потока для обеспечения изменения параметров орбиты (в случае наличия двигательной установки);
 - в надир.

3.2.6 Требования к бортовой цифровой вычислительной машине

БЦВМ должна рассеивать не более 2,5 Вт тепловой мощности.

БЦВМ должна обеспечивать решение следующих задач:

- Сбор, хранение, обработка и передача телеметрической и научной информации;
- Хранение не менее 16 Гб научных и телеметрических данных;
- Наличие не менее 2-х независимых микроконтроллеров;
- Возможность аппаратного выполнения операций над числами с плавающей точкой;
- Возможность обновления ПО в полете;
- Разрядность вычислителя 32 бит или 64 бит;
- Передача информации и прием телекоманд из ЦУП через ПП;
- Выполнение циклограммы полёта;
- Выдача управляющих команд на устройства управления НС;
- Определение характеристик движения платформы по анализу встроенной и периферийной измерительной аппаратуры;
- Хранение информации на двух независимых носителях.

3.2.6.1 Требования к бортовому программному обеспечению (БПО БЦВМ)

БПО БЦВМ должно обеспечивать:

- Возможность изменения БПО и его параметров в процессе полета;
- Возможность проведения диагностики отказов бортовых измерительных и исполнительных устройств платформы;
- Возможность адаптации логики работы БПО в случае нештатной работы систем платформы за счет реконфигурации информационных и вычислительных ресурсов БЦВМ;
- Возможность интеллектуального выбора алгоритма адаптации к возможным отказам систем платформы на основании анализа базы знаний.

3.2.7 Требования к системе обеспечения теплового режима

СОТР должна обеспечивать решение следующих задач:

- Поддержание температуры полезной нагрузки с точностью 10 градусов при температуре окружающих элементов $-40 +50$ °С;
- Мониторинг температуры ПН и/или требуемых систем.

3.2.8 Требования к Навигационную аппаратуру потребителя ГНСС

НАП должна обеспечивать решение следующих задач:

- Обеспечение пространственно-временной привязки телеметрической и научной информации;
- Синхронизация бортового эталона времени;
- Определение пространственного положения платформы с точностью не хуже 30 метров;
- Выдача первичных и вторичных измерений;
- Возможность работы с несколькими навигационными антеннами или работа в двух частотных диапазонах;

3.2.9 Требования к системе интеграции полезной нагрузки

Система интеграции полезной нагрузки должна обеспечивать:

- Механическое, электрическое и информационное сопряжение ПН и платформы.

Примечания:

- Система интеграции полезной нагрузки проектируется непосредственно под конкретную ПН.

3.3 Требования по радиоэлектронной защите

Требования по радиоэлектронной защите к платформе не предъявляются.

Оценка соответствия платформы требованиям по радиационной стойкости не проводится.

3.4 Требования по живучести и стойкости к внешним воздействиям

Требования по живучести и стойкости к внешним воздействиям к платформе не предъявляются.

3.5 Требования надежности

Надежность платформы характеризуется обобщенным показателем надёжности, определяемым как вероятность того, что в пределах заданного срока активного существования не произойдет отказ бортовых систем платформы, приводящий к невозможности выполнения целевых задач.

Платформа должна иметь ресурс, обеспечивающий проведение регламентных работ, испытаний изготовителем, проверки на техническом комплексе и штатную работу.

3.6 Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике

Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике к платформе не предъявляется.

3.7 Требования по эксплуатации, удобству технического обслуживания, ремонту и хранению

3.7.1 Платформа со всеми комплектующими элементами и расходными материалами должна сохранять эксплуатационные свойства, предусмотренные настоящим ТЗ, в течение гарантийного срока.

3.7.2 Платформа после изготовления должна храниться в штатной упаковке в условиях, определенных эксплуатационной документацией и исходными данными.

3.8 Требования по транспортабельности

3.8.1 Платформа транспортируется в оснастке, определенной эксплуатационной документацией.

3.9 Требования по безопасности

3.9.1 Составные части платформы должны обеспечивать безопасность эксплуатации на всех этапах жизненного цикла платформы.

3.9.2 Должна быть обеспечена безопасность проводимых работ при соблюдении требований технических условий, инструкций правил техники безопасности и противопожарных мероприятий.

3.10 Требования по экологической безопасности

3.10.1 Экологическая безопасность платформы должна обеспечиваться путем ограничения уровней опасных и вредных факторов, воздействующих на окружающую природную среду (ОПС) в процессе его создания, испытаний, эксплуатации и утилизации с учетом ранее принятых решений по заимствованным составным частям комплекса.

3.11 Требования по обеспечению режима секретности

Требования по обеспечению режима секретности на всех этапах создания не предъявляются.

3.12 Требования по стандартизации, унификации и каталогизации

3.12.1 Требования к стандартизации каталогизации и унификации не предъявляются.

3.13 Требования по технологичности

3.13.1 В составных частях платформы, системах и агрегатах должны максимально использоваться отработанные и прогрессивные конструктивно-технологические решения, обеспечивающие требования производственной и эксплуатационной технологичности.

3.14 Конструктивные требования

3.14.1 Платформа должна разрабатываться с учетом возможности использования бортовых систем и конструкции, заимствованных с ранее разработанных наноспутников.

3.15.2 Вновь разрабатываемые узлы, агрегаты и системы платформы могут изготавливаться из прочных и легких материалов, малогабаритных комплектующих элементов и узлов с использованием новых прогрессивных технологий, с широким применением унифицированных, стандартизированных и нормализованных блоков и узлов.

3.15.3 Конструкция платформы должна обеспечивать возможность проведения на техническом комплексе всех необходимых испытаний с учетом максимального использования существующего наземного оборудования.

3.15.4 Конструкция составных частей платформы должна обеспечивать:

- требуемую надежность в процессе эксплуатации;
- технологичность конструкции.

4. Техничко-экономические требования

Техничко-экономические требования к платформе не предъявляются.

5. Требования по видам обеспечения

5.1 Требования к метрологическому обеспечению

5.1.1 Метрологическое обеспечение (МО) НС должно отвечать требованиям нормативно-технических документов, регламентирующих вопросы метрологического обеспечения, и проводиться на этапах создания, производства и эксплуатации НС и его составных частей.

5.1.2 Средства измерения, используемые при изготовлении и испытаниях изделия следует выбирать приоритетом из «Государственного реестра средств измерений».

5.1.3 Состав измеряемых технических параметров комплекса и его составных частей, применяемых СИ и контроля, методик выполнения измерений должны обеспечивать достоверность контроля (испытаний) в процессе наземно-экспериментальной отработки, изготовления, летных испытаний при заданной продолжительности контроля и минимуме затрат.

5.1.4 Требования к массогабаритным показателям средств измерений и измерительного контроля не предъявляются.

5.1.5 Продолжительность и периодичность измерений параметров платформы должна регламентироваться соответствующими методиками измерений.

5.1.6 Техничко-экономические требования к метрологическому обеспечению не предъявляются.

5.1.7 Метрологическое обеспечение должно обеспечивать измерение требуемых параметров платформы с необходимой точностью и достоверностью.

5.1.8 Методы (методики) измерений и измерительного контроля параметров и характеристик изделия должны составляться исходя из простоты их аппаратурной реализации.

5.1.9 Требования к быстродействию методов (методик) измерений и измерительного контроля параметров и характеристик изделия не предъявляются.

5.1.10 Требования к аттестации методик выполнения измерений не предъявляются.

5.1.11 Степень автоматизации измерительного контроля не менее 50%.

5.1.12 Изделие не комплектуется средствами измерений и измерительного контроля.

- требования к измерительной системе (системе измерительного контроля) для комплектации изделия (назначение и решаемые задачи, вид используемых средств измерений и измерительного контроля, допустимые значения показателей метрологического обеспечения, степень автоматизации измерительного контроля, способы взаимодействия и информационного обмена и др.);

- требования к метрологической, электрической, информационной, конструктивной и эксплуатационной совместимости системы (средств) измерения и измерительного контроля с изделием;

- требования к методам и средствам поверки и ремонта средств измерений (возможность выполнения поверки и ремонта метрологическими службами заказчика, согласованность периодичности их проверки с периодичностью технического обслуживания изделия);

- требования к организации метрологической экспертизы на этапах ОКР по созданию изделия;

- требования к программе метрологического обеспечения разработки изделия (задачи метрологического обеспечения на этапах жизненного цикла, сроки их выполнения, виды отчетности, состав исполнителей), метрологическому сопровождению ОКР.

Выделенные красным пункты взяты из ГОСТа, на данном этапе разработки мы не можем написать конкретику, так как системы, отражающие ключевые технологии еще не созданы, поэтому не определены допустимые диапазоны параметров платформы.

5.2 Требования по диагностическому обеспечению

5.2.1 Диагностическое обеспечение должно позволять обнаружение отказа на уровне отдельных систем платформы.

5.2.2 Диагностическое обеспечение должно позволять возможность получения результатов самодиагностического тестирования через диагностический интерфейс.

- количественные значения показателей технического диагностирования [контроля технического состояния: показателей достоверности (условные вероятности необнаруженного и ложного отказов (неисправностей) изделия, условные вероятности необнаруженного и ложного отказов (неисправностей) в СЧ изделия с точностью, до которой определяется место отказа (неисправности), условная вероятность ошибочного прогнозирования безопасной эксплуатации] и технико-экономических показателей [удельные затраты на техническое диагностирование (контроль технического состояния), средние трудоемкость и продолжительность

технического диагностирования (контроля технического состояния)], а также характеристик технического диагностирования [глубина поиска отказа, полнота технического диагностирования (контроля технического состояния) и др.];

- требования приспособленности к техническому диагностированию (контролепригодности) изделия [количественные значения показателей приспособленности к техническому диагностированию (контролепригодности)], требования к введению в конструкцию изделия встроенных средств технического диагностирования (контроля технического состояния), требования к количеству, расположению и доступности устройств сопряжения с внешними средствами технического диагностирования (контроля технического состояния и др.);

- требования к номенклатуре диагностических (контролируемых) параметров и их характеристик (номинальные, допустимые значения, точки ввода, контрольные точки и др.);

- требования к средствам технического диагностирования (контроля технического состояния);

- требования к методам и правилам технического диагностирования (контроля технического состояния).

Выделенные красным пункты взяты из ГОСТа, на данном этапе разработки мы не можем написать конкретику, так как системы, отражающие ключевые технологии еще не созданы, поэтому не определены допустимые диапазоны параметров платформы.

5.3 Требования по математическому, программному и информационному обеспечению

5.3.1 Математическое обеспечение платформы должно проходить тестирование и отработку в пакете прикладных программ Matlab.

5.3.2 Точность алгоритмов должна соответствовать требованиям к точности основных параметров платформы.

5.3.3 Бортовые алгоритмы платформы должны быть адаптированы под вычислительную мощность и объем памяти платформы.

5.3.4 Возможно использование ранее разработанных элементов математического обеспечения

5.3.5 Реализация бортового программного обеспечения может производиться на следующих языках: C, C++, допустимые вставки на языке Ассемблер, VHDL, Verilog.

5.3.6 Требования по обеспечению безопасности информации в части не предъявляются.

5.3.7 Требования к сертификации разрабатываемых программных средств и способов защиты информации не предъявляются.

5.3.8 Защита телекоманд от несанкционированного доступа и контроль некорректного ввода параметров.

- требования к математическому обеспечению (состав и структура общего и специального математического обеспечения, требования к разработке и обоснованию технологий взаимодействия компонентов общего и специального программного обеспечения, требования к разработке и обоснованию алгоритмов и расчетных методик, к надежности, точности и времени решения задач, ресурсу памяти, чувствительности и пределам изменения входных данных, модульности и гибкости математического обеспечения; нормативы адаптации к составу и состоянию вычислительных средств, возможность использования ранее разработанных элементов математического обеспечения);

- требования к программному обеспечению (требования к общему программному обеспечению, программированию функциональных задач, средствам программирования, метрологической аттестации программного обеспечения и использованию перспективных технологий программирования, порядку отладки, испытаний и сдачи программ в эксплуатацию, к использованию стандартных программ) должны задаваться с учетом требований стандартов ЕСПД;

- требования к информационно-лингвистическому обеспечению (требования к составу и структуре баз данных (файлов, массивов) используемой информации, носителям информации, системам классификации и кодирования информации и принципам ее формализации, хранению, обновлению, контролю и выдаче информации, организации взаимообмена информацией).

Выделенные красным пункты взяты из ГОСТа, на данном этапе разработки мы не можем написать конкретику, так как системы, отражающие ключевые технологии еще не созданы, поэтому не определены допустимые диапазоны параметров платформы.

6. Требования к сырью, материалам и комплектующим изделиям межотраслевого применения

6.1 Материалы и покрытия, применяемые для изготовления конструкции НС и его составных частей, должны сохранять заданные характеристики в течение всего времени эксплуатации.

6.2 Материалы, применяемые в конструкции НС, должны быть коррозионно стойкими в рабочих средах при заданных ресурсах.

7. Требования по консервации, упаковке и маркировке

7.1. Упаковка платформы, ее составных частей и ЗИП должна обеспечивать защиту от механических воздействий и попадания в них пыли, грязи, атмосферных осадков и посторонних предметов.

7.2. Упаковка платформы поставляется изготовителем и должна иметь маркировку.

8. Специальные требования

8.1 Специальные требования к платформе не предъявляются.