

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Системы автоматического управления»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____/ Кондаков С.В.

« ____ » _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____/ В.И. Ширяев

« ____ » _____ 2017 г.

Определение состава и структуры системы технического зрения космического
аппарата

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 24.05.06.2017.294.00 ПЗ ВКР

Консультант

БЖД

_____/ Скуртова И.В.

« ____ » _____ 2017 г.

Руководитель работы

доц. каф. САУ

_____/ Кожеуров В.Н.

« ____ » _____ 2017 г.

Консультант

Экономический раздел

_____/ Закиров Р.Ш.

« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы

студент группы КЭ-504

_____/ Петрович В.В.

« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер

_____/ Кожеуров В.Н.

« ____ » _____ 2017 г.

Челябинск 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ СТЗ	11
1.1. СТЗ «Фобос-Грунт»	11
1.1.1 Основные технические данные УТК и ШТК.....	13
1.2. СТЗ «Кассини»	15
1.2.1 Основные технические данные УТК и ШТК ISS Кссини.	15
1.3. Датчики звездной ориентации	17
1.4. Вывод по I главе	19
2. ОБЗОР ПОСАДОЧНЫХ МОДУЛЕЙ.....	20
2.1. Космическая платформа «НАВИГАТОР».....	20
2.2. Космическая платформа «Proteus».....	23
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СТЗ.....	27
3.1. Выбор космической платформы	27
3.2. Выбор и размещение камер.....	27
3.3. Выбор солнечного датчика.....	27
3.4 Выбор звездного датчика ориентации	28
3.4 Вывод по 3 главе.....	29
4. АЛГОРИТМЫ ПОСАДКИ	30
4.1 Программно-алгоритмическое обеспечение информационной поддержки посадки	30
4.2 Определение базиса	33

4.3 Построение карты неоднородности поверхности и автономный выбор места посадки	35
4.4 Моделирование «мягкой» посадки.....	37
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	42
5.1 Техничко-экономическое обоснование.....	42
5.2 Сетевое планирование работ.....	42
5.3 Расчет ожидаемой продолжительности работ.....	43
5.4 Расчет параметров событий сетевого графика.....	47
5.5 Расчет параметров работ сетевого графика.....	49
5.3 Расчет затрат на НИОКР.....	54
5.4 Стоимостная оценка результатов мероприятий.....	56
6. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	57
6.1 Краткие сведения о проектируемом объекте.	57
6.2 Классификация опасных и вредных производственных факторов.	57
6.3 Освещение рабочего места оператора ЭВМ.....	58
6.4 Электробезопасность.	59
6.6 Эргономика рабочего места оператора ЭВМ.....	62
6.7 Шум.....	64
6.8 Микроклимат	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	68

ВВЕДЕНИЕ

Исследование малых тел Солнечной системы были начаты с момента появления телескопа. С созданием современных автоматических межпланетных станций (АМС) появилась возможность использования не только методов дистанционного визуального и радиолокационного наблюдения, но и прямых контактных методов.

Современные задачи космических исследований требуют использования космических аппаратов (КА) на всё большем удалении от Земли. При этом определение положения КА в пространстве и управление его полётом осуществляется с наземных станций слежения, что несёт ряд неудобств и отрицательно сказывается на надёжности эксплуатации КА. Поэтому космическая техника нуждается в средствах автономной навигации КА в межпланетном пространстве. Именно поэтому сейчас актуальной является задача создания автоматической системы навигации, которая способна обеспечивать безопасную посадку и решать проблему определения горизонтальной скорости аппарата относительно поверхности, а также составления топографической карты.

Малые планеты, или астероиды, что по-гречески означает "звездоподобные", обращаются вокруг Солнца преимущественно в зоне между орбитами Марса и Юпитера. Они представляют собой небольшие твёрдые тела, которые, как и большие планеты, светят отражённым светом Солнца. Первый астероид был открыт итальянским астрономом Пиацци 1 января 1801 г. и назван Церерой. С тех пор число открытых астероидов увеличивалось из года в год, и в настоящее время насчитывается 1605 астероидов с известными орбитами, а общее число астероидов ярче 20-й звёздной величины составляет по оценке И.И. Путилина 140 000. Наиболее яркие астероиды в самых выгодных условиях их видимости не ярче звёзд 6-й звёздной величины, т. е. находятся на границе видимости невооружённым глазом. Наиболее слабые из недавно открытых астероидов имеют блеск около 17-й звёздной величины.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Масса астероидов быстро убывает с их блеском. Её можно оценить, зная размеры астероидов и принимая их среднюю плотность около 3 г/см³. Н.М. Штауде подсчитала, что суммарная масса всех астероидов вряд ли превосходит в семь раз массу Цереры. По оценке В.Г. Фесенкова, И.И. Путилина и других учёных общая масса всех астероидов примерно в 1000 раз меньше массы Земли, причём масса мелких, ещё не открытых астероидов, вероятно, составляет менее 4% этой суммарной массы [1].

В настоящее время уже осуществлен ряд зарубежных миссий, в которых была успешно применена система, использующая принципы машинного зрения для осуществления посадки или стыковки, а также готовится ряд аналогичных миссий.

Сложность точного определения положения КА в пространстве и на поверхности астероида обусловлена отсутствием ресурсов времени, необходимых для полного изучения астероида. Поэтому есть основание полагать, что точное определение ориентации КА и разработка методики посадки на малое тело Солнечной системы является актуальной научно-технической задачей.

Цель работы заключается в создании СТЗ, согласно техническому заданию, для выбора места посадки на малое тело Солнечной системы.

Выполнению поставленной цели способствует решение следующих задач:

- изучить необходимую литературу;
- определиться со способом решения поставленной задачи;
- рассмотреть существующие СТЗ КА;
- проанализировать все элементы, входящие в состав СТЗ и выбрать оптимальную для ТЗ аппаратуру;
- провести анализ и выбор существующего посадочного модуля КА согласно требованиям ТЗ;

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- провести размещение аппаратуры в конструкции посадочного модуля КА;
- проанализировать алгоритмы посадки при помощи СТЗ;
- осуществить моделирование посадки на астероид.

Необходимо провести анализ технического задания для того, чтобы понять сложность конструкции СТЗ и посадочного модуля. Узнать их конструктивные особенности.

Имеющиеся данные:

- диаметр астероида, м 300;
- скорость КА относительно астероида, м/с 100;
- расстояние от КА до астероида, км 10 .

Техническое задание.

1. Определить состав и структуру системы технического зрения.

Для создания СТЗ КА для выбора площадки и совершения автономной посадки на астероид необходимо решить задачи минимальной массы и минимального потребления энергии. Масса СТЗ не должна превышать 50 кг.

2. Произвести выбор посадочного модуля.

Масса посадочного модуля должна быть минимизирована. Модуль должен иметь систему терморегуляции, автономную систему электрического питания.

3. Определить положение СТЗ на модуле.

Система не должна подвергаться механическому и тепловому воздействию.

4. Рассмотреть алгоритмы посадки на астероид.
5. Выбрать место посадки.

Выбор площадки и осуществление маневра посадки должны производиться автономно. Скорость КА в момент посадки не должна превышать 0,5 м/с.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Размер выбранной площадки (примерно три метра) должен превышать поперечный размер КА минимум на 10%. Угол α наклона КА – не более 5 градусов, во избежание опрокидывания КА. На площадке не должны присутствовать выступы h высотой более 20 см на базе 4 метров, на которые может опереться днище КА, сделав невозможным фиксацию части опор КА на поверхности астероида.



Рисунок 1 – Схема положения посадочного модуля КА на поверхности астероида

Вывод: было проанализировано техническое задание, приведены технические требования для СТЗ, посадочного модуля и места посадки КА.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ СТЗ

1.1. СТЗ «Фобос-Грунт»

Целью данной работы является определение состава СТЗ КА. В качестве частного случая будет рассмотрена работа телевизионной системы навигации и наблюдения (ТСНН), участвующая в посадке на Фобос.

Проект «Фобос-Грунт» возник в стенах ИПМ и разрабатывался совместно с НПО им. Лавочкина и НИИПМиЭ МАИ. Автоматическая межпланетная станция (АМС) предназначалась для доставки образцов грунта со спутника Марса, Фобоса, на Землю, определение физико-химических характеристик грунта Фобоса, исследования происхождения спутников Марса, процессов взаимодействия его атмосферы и поверхности, взаимодействия малых тел Солнечной системы с солнечным ветром. Вместе с АМС «Фобос-Грунт» маршевая двигательная установка должна была доставить на орбиту Марса китайский микроспутник «Ихно -1». АМС была запущена 9 ноября 2011 года, однако в результате нештатной ситуации, когда не произошло расчетного срабатывания маршевой двигательной установки перелетного модуля, межпланетная станция не смогла покинуть окрестности Земли, оставшись на низкой околоземной орбите. 15 января 2012 года АМС сгорела в плотных слоях земной атмосферы. [2]

Важная роль в проекте ФОБОС-ГРУНТ, предусматривающем посадку на Фобос и доставку на Землю образцов его грунта, отводится телевизионным средствам, которые будут использоваться для решения как научных, так и навигационных задач, таких как:

- съемка поверхности Фобоса;
- измерение дальности (дублирование измерений лазерного высотомера);
- измерение относительной скорости (дублирование измерений доплеровского измерителя скорости).

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Важнейшей задачей съемок Фобоса с орбит искусственного спутника Марса является уточнение района посадки. Разрешение изображений УТК будет достигать 0,4 м. [3]

Телевизионная система навигации и наблюдения (ТСНН), показанная на рис.1.1, состоит из:

1. Узкоугольная телевизионная камера ТСНН-УТК.
2. Широкоугольная телевизионная камера ТСНН-ШТК.
3. Звездный датчик БОКЗ-МФ.
4. Бортового вычислительного комплекса.

Каждая камера построена на процессоре ADSP-21060 с тактовой частотой 24 МГц, который позволяет производить обработку получаемых изображений в реальном времени.

Данные, полученные с помощью камер УТК, используются для стереосъемки поверхности Фобоса с больших расстояний и записи полных изображений в память камер для детального исследования поверхности спутника уже на Земле после посадки. Всего таких изображений будет 12.



Рисунок 1.1 - Съемочная система КА «Фобос-Грунт»

1.1.1 Основные технические данные УТК и ШТК.

Для удобства сравнения УТК и ШТК технические данные обеих камер сведены в одну таблицу (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Основные технические характеристики

Параметры/Камера	УТК	ШТК
Фокусное расстояние, мм	500	18
Относительное отверстие	1:7	1:2
Количество элементов ПЗС-матрицы	1004×1004	
Размер элементов, мкм	7,4×7,4	
Разрешение, угл.сек	3,05	84,8
Поле зрения, град	0,85	23,3
Минимальный угол к Солнцу, град	80	60
Радиометрическое расширение, бит	12	
Масса, кг	2,7	1,7
Энергопотребление, Вт	8	8
Количество приборов	2	2

С помощью камеры ШТК будет производиться измерение высоты, скорости соприкосновения КА с поверхностью и автономный выбор места посадки при приближении к поверхности на высотах менее 300 м.

Размещение двух пар камер УТК и ШТК по диаметру платформы космического модуля с базисом около 2 м обеспечивает возможность осуществления стереоизмерений при посадке на поверхность астероида.

Камеры прошли стандартный комплекс приемо-сдаточных, конструкторско-доводческих и ресурсных испытаний. Геометрическая калибровка и привязка к звездным датчикам позволяет производить высокоточное определение направления на снимаемые объекты в инерциальной системе координат [2].

Основные технические данные ШТК указаны в табл. 1.1.



Рисунок 1.2 - Узкоугольная камера УТК.

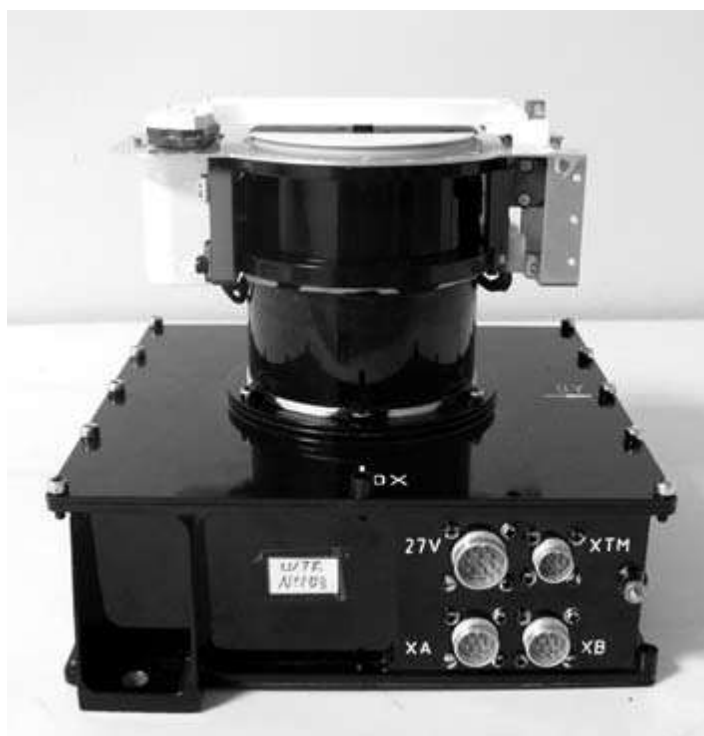


Рисунок 1.3 - Широкоугольная камера УТК.

1.2. СТЗ «Кассини»

Космический зонд «Кассин-Гюйгенс» был запущен в космос NASA 15 октября 1997 с военно-воздушной базы на мысе Канаверал, штат Флорида.

Научная система визуализации Кассини (ISS) была специально разработана для изучения системы Сатурна. Она включает в себя спектральные фильтры, что открывает возможности визуализации для множества научных целей, в том числе захват молний, исследование трехмерной структуры облака, метеорологию атмосфер Сатурна и Титана, визуализации поверхностей его многочисленных спутников, определяющих состав и структуру его огромной кольцевой системы.

ISS Кассини состоит из двух частей: широкоугольная камера (для обеспечения контекста) и узкоугольная камера (для более высокого разрешения).

Широкоугольная камера захватывает широкие сцены, такие как, полное изображение Сатурна и его колец, в то время, как узкоугольная камера обеспечивает изображения высокого разрешения конкретных целей, таких как кратеры или переломы на поверхности спутников Сатурна. Использование различных фильтров помогает исследователям изучить конкретные аспекты системы Сатурна [17].

1.2.1 Основные технические данные УТК и ШТК ISS Кассини.

Для удобства сравнения УТК и ШТК технические данные обеих камер сведены в одну таблицу (табл. 2).

Таблица 1.2 – Основные технические характеристики

Параметры/Камера	УТК	ШТК
Фокусное расстояние, мм	2000	200
Относительное отверстие	1:10,5	1:3,5
Количество элементов ПЗС-матрицы	1004×1004	

Продолжение таблицы 1.2

Разрешение, угл.сек	3,05	
Поле зрения, град	0,35	3,5
Масса, кг	57,83	
Энергопотребление, Вт	55,9	
Скорость передачи данных, килобит/с	365,568	
Размеры, см	95×40×33	55×35×33



Рисунок 1.4 - Узкоугольная камера ISS Кассини

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ

Лист

16

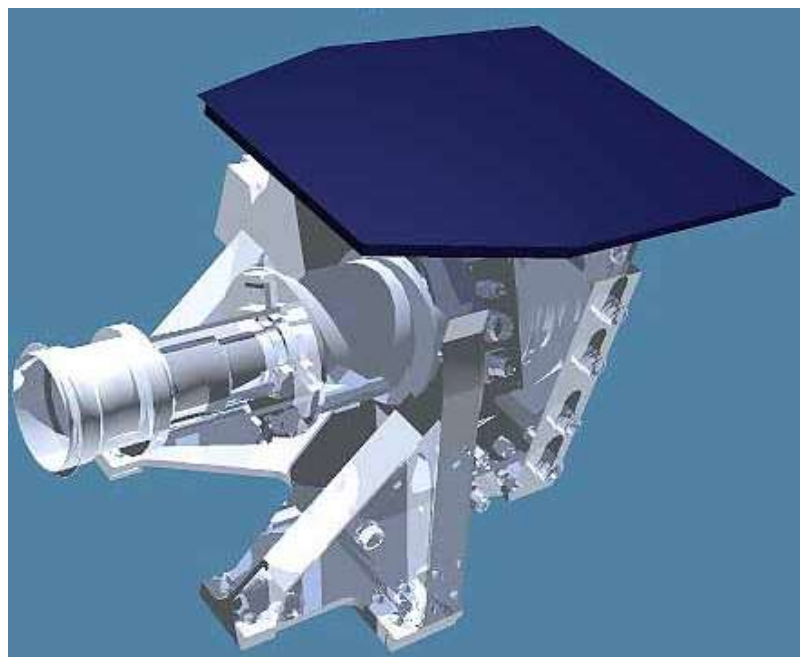


Рисунок 1.5 - Широкоугольная камера ISS Кассини

1.3. Датчики звездной ориентации

Приборы семейства БОКЗ – Блок определения координат звезд – предназначены для высокоточного определения в реальном времени параметров трехосной ориентации по изображениям произвольных участков звездного неба.

Приборы звездной ориентации представляют собой цифровую камеру на основе матричного фотоприемного устройства (ФПУ), соединенную с процессором, наделенным специальным программно-математическим обеспечением. Суть работы приборов заключается в получении изображения участка небесной сферы, выделении на нем звездных образований, распознавании их в хранящемся в памяти прибора звёздном каталоге, охватывающем всю небесную сферу, и в определении параметров трехосной ориентации в инерциальном пространстве с точностью до единиц угловых секунд.

Развитие приборов звездной ориентации идет по пути повышения частоты обновления информации и увеличения диапазона рабочих угловых скоростей и ускорений. В табл. 1.3 указаны характеристики, достигнутые в различных модификациях приборов БОКЗ [4].

Таблица 1.3 – Основные технические характеристики БОКЗ

Название прибора	Год разработки	Частота обновления информации [Гц]	Допустимая угловая скорость [град/с]	Масса, [кг]	Точность определения параметров ориентации* $\sigma_{x,y}/\sigma_z$ [угл.с]
БОКЗ	1999	0,3	0,15	4,5	2,0/20
БОКЗ-М	2002	0,3	0,5	4,0	2,0/20
БОКЗ-М24	2004	1,0	1,5	3,2	5,0/12
БОКЗ-2М	2004	1,0	2,0	2,0	5,0/12
БОКЗ-МФ	2006	1,0	2,0-4,0	2,0	5,0/12
БОКЗ-3	2008	10	>2,0	0,6	5,0/12

* Точность среднеквадратического отклонения (СКО) указана при угловой скорости орбитального движения КА;

$\sigma_{x,y}$ – СКО определения углов ориентации вокруг осей X и Y прибора (в направлении оптической оси)

σ_z - СКО определения угла ориентации вокруг осей Z прибора (поворот вокруг оптической оси).

Из приведенной таблицы можно сделать вывод о том, что за период более чем в 10 лет параметры приборов звездной ориентации БОКЗ по частоте обновления информации улучшились на порядок, а допустимые угловая скорость и ускорение увеличились на два порядка, притом, что сохраняются характеристики точности. Параметры, достигнутые разработкой приборов, удовлетворяют требованиям СУ большинства КА. Частота работы СУ практически всех КА лежит в диапазоне 4...10 Гц, а угловые скорости даже самых динамичных КА не выходят за пределы 3 град/с.



Рисунок 1.6 - Семейство звездных координаторов БОКЗ

Высокий уровень помехозащищенности приборов звездной ориентации реализуются в режиме слежения за звездами, когда с приемника излучения считываются и обрабатываются не полный кадр, а только фрагменты изображения вокруг гидируемых звезд. Стоит заметить, что при уменьшении размеров фрагментов, повышается стойкость прибора к протонным событиям на фоточувствительной матрице и другим оптическим помехам, возникающим в поле зрения прибора. [4]

Использование нескольких звёздных приборов на борту в любом случае необходимо, так как один оптический канал может быть засвечен Солнцем или подвержен однократному сбоя, который всегда возможен вследствие воздействия космического радиационного излучения. Кроме того, несколько приборов звёздной ориентации используют для построения равноточной трёхосной ориентации.

1.4. Вывод по I главе

В настоящее время существует достаточное количество высокоточных приборов, обеспечивающих скоростное определение ориентации. Мною было рассмотрено несколько вариантов компоновки таких устройств, уже использованных и проверенных в условиях космоса. В ходе дальнейшей работы будет проведено сравнение и выбор приборов согласно требованиям ТЗ.

2. ОБЗОР ПОСАДОЧНЫХ МОДУЛЕЙ

2.1. Космическая платформа «НАВИГАТОР»

БКУ платформы «Навигатор» создавался МОКБ «Марс» по техническому заданию НПО имени С.А. Лавочкина как универсальный комплекс управления для тяжёлых КА различного назначения (метеорология, космические телескопы и т.д.), функционирующих на геостационарных и высокоэллиптических орбитах, солнечно-синхронных орбитах, в том числе в окрестностях точки Лагранжа системы Земля-Солнце. [5]

БКУ предназначен как для решения задач управления движением на базе автономного определения ориентации КА и баллистического прогноза, так и для решения задач управления бортовыми смежными системами: двигательными установками, средствами обеспечения тепловых режимов, ориентации и раскрытия солнечных батарей, элементами бортового радиокомплекса, телеметрической станцией, целевой аппаратурой.

Срок активного существования платформы составляет более 10 лет.

Аппаратно БКУ разработан как резервированная модульная система, блоки которой негерметичны с применением вне гермоотсеков. Структура БКУ позволяет без каких-либо существенных изменений наращивать функции, добавляя различные по характеристикам измерительные приборы.

Для обеспечения надежности работы БКУ реализованное применение различных видов аппаратного резервирования (дублирование, троирование, четырехкратное, холодное и горячее резервирование), с возможностью реконфигурации структуры, как автоматически, так и от сигнала с Земли. [5]

В качестве средств выведения могут быть использованы ракеты-носители типа «Союз», «Зенит», как в сочетании с разгонным блоком «Фрегат», так и без него.

Основные характеристики:

- масса платформы 850-980 кг;

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- максимальная заправка – 570 кг;
- топливо – гидразин;
- максимальная электрическая мощность для полезной нагрузки (ПН) – 600-1150 Вт;
- дальность связи – 200-2000000 км;
- максимальная масса ПН – 2600 кг.

В качестве базового в БКУ использовался астродатчик типа АД-1 (МОКБ «Марс») на ПЗС-матрице. Основными характеристиками АД-1 являются:

- угловое поле зрения - $13^{\circ} \times 13^{\circ}$;
- чувствительность - $M_v = 5-6$;
- количество одновременно отслеживаемых звёзд - 15;
- частота измерений - 0,5 Гц;
- точность до - 2–15 угл. с;
- вес - 3,85 кг.

Также для определения ориентации КА, на корпусе установлен солнечный датчик положения СДП – 1. Солнечный датчик представляет собой простейший целевой солнечный прибор, работающий по схеме «есть засветка – нет засветки» и обеспечивающий автономный поиск направления на Солнце за счёт вращения КА.

Технические данные:

- угловое поле зрения до $185^{\circ} \times 5^{\circ}$, погрешность до $\pm 2,5^{\circ}$;
- погрешность ориентации на Солнце – до 1 угл.град.;
- напряжение питания постоянного тока - 15 В;
- масса – 0,4 кг;

- габариты (мм) - 93×33×54.



Рисунок 2.1 - Солнечный датчик положения

Рассмотрим еще один датчик солнца, также являющийся разработкой МОКБ «Марс».

Широкопольный малогабаритный точный датчик солнца ТДС предназначен для определения угловых координат геометрического центра Солнца [6].

Успешно проходил летные испытания в составе бортовой системы управления космического аппарата «Коронас-Фотон» (с 2009 г. по 2010 г.).

Технические данные. Автономно решает задачи поиска, обнаружения и измерения угловых координат геометрического центра Солнца относительно посадочных поверхностей. Технические характеристики:

- угловое поле зрения поиска $60^{\circ} \times 60^{\circ}$;
- точность измерения координат – до 1 угл. мин. в поле зрения $4^{\circ} \times 4^{\circ}$;
- периодичность обновления информации – не менее 125 мс;
- потребляемая мощность – 12 Вт;
- масса – 2, 3 кг;
- габариты (мм) - 200×177×96;

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- интерфейс – цифроаналоговый.

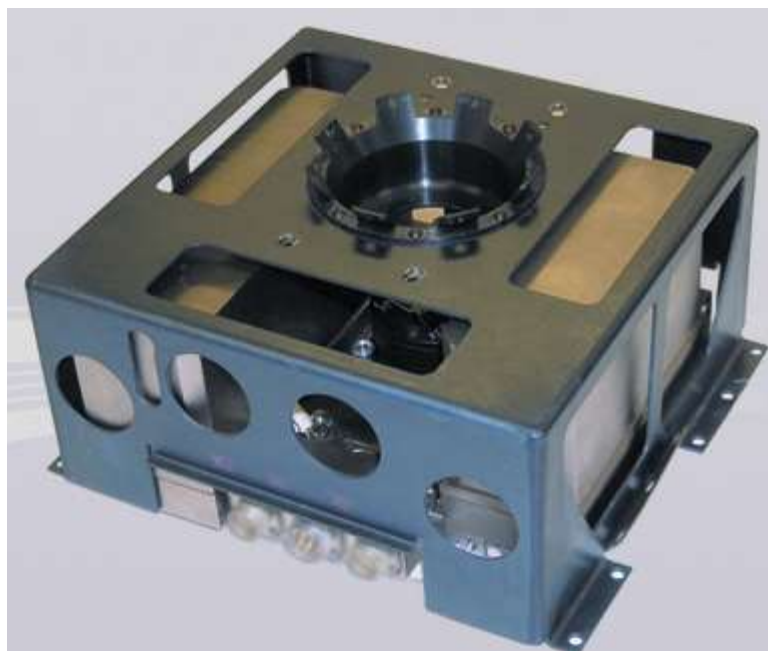


Рисунок 2.2 - Точный датчик Солнца

Платформа «Навигатор» и её БКУ были использованы при создании метеорологического КА «Электро-Л» на ГСО и радиотелескопа КА «Спектр-Р» на высокоэллиптической орбите.

Для обеспечения повышенной защиты от влияния космических высокоэнергетических частиц в блоки БКУ внедрён контроль токов и отключение блоков (устройств) по превышению токов. Очередной этап модернизации БКУ реализуется для КА «Арктика-М». При этом уточняется логика использования резервов БСА (обеспечение работы после двух отказов) и проводится дальнейшая замена ЭКБ на отечественную, в том числе реализуемую по заданию МОКБ «Марс». [5]

2.2. Космическая платформа «Proteus»

Платформа PROTEUS является разработкой компании Thales Alenia Space. По заявлению производителя она является одной из самых эффективных платформ в своем классе с точки зрения соотношения эффективность/стоимость. В совокупности аппараты на данной платформе

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

отработали более 18 лет. Платформа была разработана в период с 1996 года и по сей день по заданию Французского космического агентства.

Отличительной особенностью системы является полностью централизованная архитектура вокруг единственного процессора. Данная микросхема разработана с учетом высоких требований к отказоустойчивости и позволяет регулировать подачу электроэнергии к нагрузке или платформе. Гарантированный срок активного существования системы составляет три года при вероятности 0.9. Платформа доказала эти показатели в течение орбитальной эксплуатации, а также при выполнении орбитальных маневров (в среднем она выполняла маневрирование около 15 минут в месяц).

Система передачи данных с платформы совместима с наземными антеннами диаметром 2.8 метра. Для передачи данных использует стандартизированный протокол CCSDS. При этом, данные телеметрии и измерений могут передаваться в закодированном виде.

Система энергопитания работает от двух симметричных солнечных батарей, которые оснащены моторами. В результате с общей площади в 10 квадратных метров система позволяет обеспечивать платформу и полезную нагрузку напряжением в размере 23-37 вольт. Цифровые регуляторы позволяют регулировать заряд литиево-ионных батарей. При этом от системы снабжения электропитанием идут две независимые силовые линии которые регулируются центральным процессором. Силовая шина является полностью покрытой двойной изоляцией для защиты от короткого замыкания.

Система контроля за стабилизацией и ориентацией базируется на концепции гироэффекта. При этом два плоскостные гироскопа используются для стабилизации и удержания позиции аппарата. Два звездных датчика в сборке обладают автономной системой термального контроля. Работа в защищенном режиме осуществляется при помощи магнетометров и солнечных датчиков (два двухплоскостных магнетометра и восемь грубых солнечных датчиков). В дополнение система оборудована чипами для приемки GPS сигнала которые позволяют не только отслеживать позицию аппарата, но и получать

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

информацию о времени. Достигаемая платформой точность лучше чем 0.03 градуса.

Ядром платформы является алюминиевый куб со стороной 1 метр. На каждой из панелей которого может устанавливаться полезная нагрузка. Концепция платформы унаследована от аппаратов серии GlobalStar [15].

Система терморегулирования аппарата базируется на использовании пассивных радиаторов общей площадью поверхности около 1.88 квадратных метра и систем активного охлаждения которые управляются компьютером. Платформа стабильно работает в рабочем диапазоне от минус десяти до плюс 40 градусов по Цельсию.

Система двигательных установок системы разрабатывается в модульном исполнении, а поэтому их создание может идти параллельно общей сборке платформы. Для наддува баков с гидразином она использует азот. Четыре ускорителя, каждый силой в один ньютон расположены на одной из поверхностей, что предотвращает полезную нагрузку от загрязнения [7].

Технические характеристики:

- масса (средняя, аппарата на платформе) – 707 кг;
- масса ПН – 300 кг;
- масса платформы – 300 кг;
- мощность – 536 Вт;
- мощность ПН – 300 Вт;
- топливо – гидразин.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

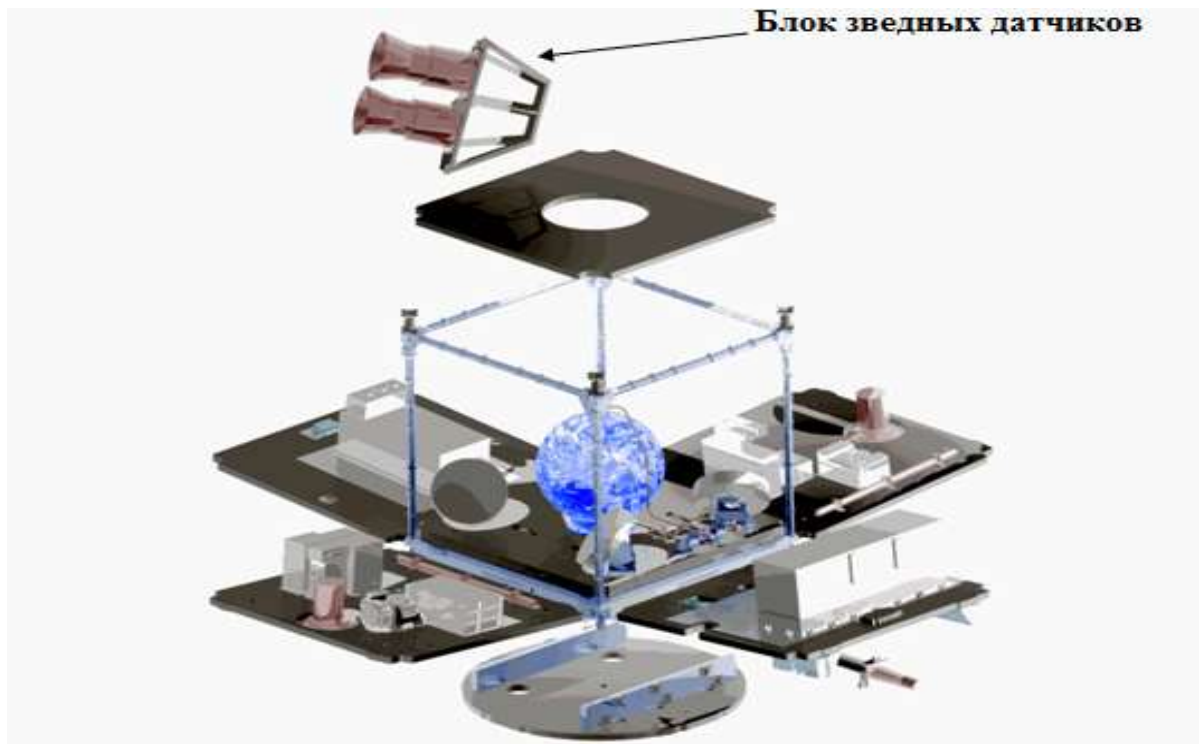


Рисунок 2.3 - Архитектура Proteus

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ

Лист

26

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СТЗ

3.1. Выбор космической платформы

Ввиду отсутствия необходимой информации о составе посадочного модуля, и в частности, информации о блоке звездных датчиков, установленных на космической платформе «Proteus», в качестве посадочного модуля выберем отечественную разработку МОКБ «Марс» платформу «Навигатор», которая не раз доказала, что обладает высокой надежностью и работоспособностью в условиях космоса.

3.2. Выбор и размещение камер

В качестве СТЗ выберем камеры УТК и ШТК использованные в проекте «Фобос-Грунт», т.к. они обеспечивают достаточное разрешение на необходимой для нас высоте в 10 км. Так же, эти камеры имеют преимущество перед СТЗ, использованной в проекте «Кассини», в массе и электропотреблении. Звездный датчик, установленный на посадочном модуле, удовлетворяет техническому заданию.

3.3. Выбор солнечного датчика

Точность измерения координат, обеспечиваемая СДП-1 ниже, чем у ТДС, но достаточная для требований ТЗ. ТДС имеет большие габариты, массу и энергопотребление. Под требования ТЗ более подходящим является СДП-1. Основные технические данные сведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Технические данные для сравнения.

Название прибора	СДП-1	ТДС
Масса [кг]	0,4	2,3
Точность измерения координат [град]	до 1 угл. град	до 1 угл. мин.
Энергопотребление [Ватт]	0,85	12
Габариты [мм]	93×33×54	200×177×96
Угловое поле зрения поиска [угл. град]	185×5	60×60

На рис. 3.1 представлена схема платформы «Навигатор». Ввиду отсутствия доступа к чертежам посадочного модуля, расположение СТЗ будем считать условным. Векторами указано направление съемки. Стоит отметить то, что отсутствует прямой контакт камер с амортизаторами и топливными баками платформы, ввиду того, что аппаратура может подвергнуться механическому воздействию.

3.4 Выбор звездного датчика ориентации

Проведем сравнение и выбор оптимального звездного датчика.

Основной задачей звездного датчика является определение параметров ориентации. По этому параметру выберем оптимальный прибор между семейством БОКЗ и АД-1 уже установленным на платформе «Навигатор» АД-1.

Точность ориентации АД-1 составляет 2/15 угл.сек. Данное значение соответствует точности ориентации БОКЗ-2М и последующим приборам семейства БОКЗ. Далее проводится сравнение по массе, габаритам, допустимой угловой скорости и т.д. Наиболее приемлемым звездным датчиком по техническим характеристикам является БОКЗ-МФ. Данные для сравнения приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Технические данные для сравнения.

Название прибора	АД-1	БОКЗ-2М
Масса [кг]	3,85	2,0
Точность определения параметров ориентации $\sigma_{x,y}/\sigma_z$ [угл. с]	2,0/15	5,0/12
Энергопотребление [Ватт]	15	8
Габариты [мм]	238×426×200	300×200×200
Частота обновления информации [Гц]	0,5	1,0
Поле зрения [угл. град]	13×13	16×16

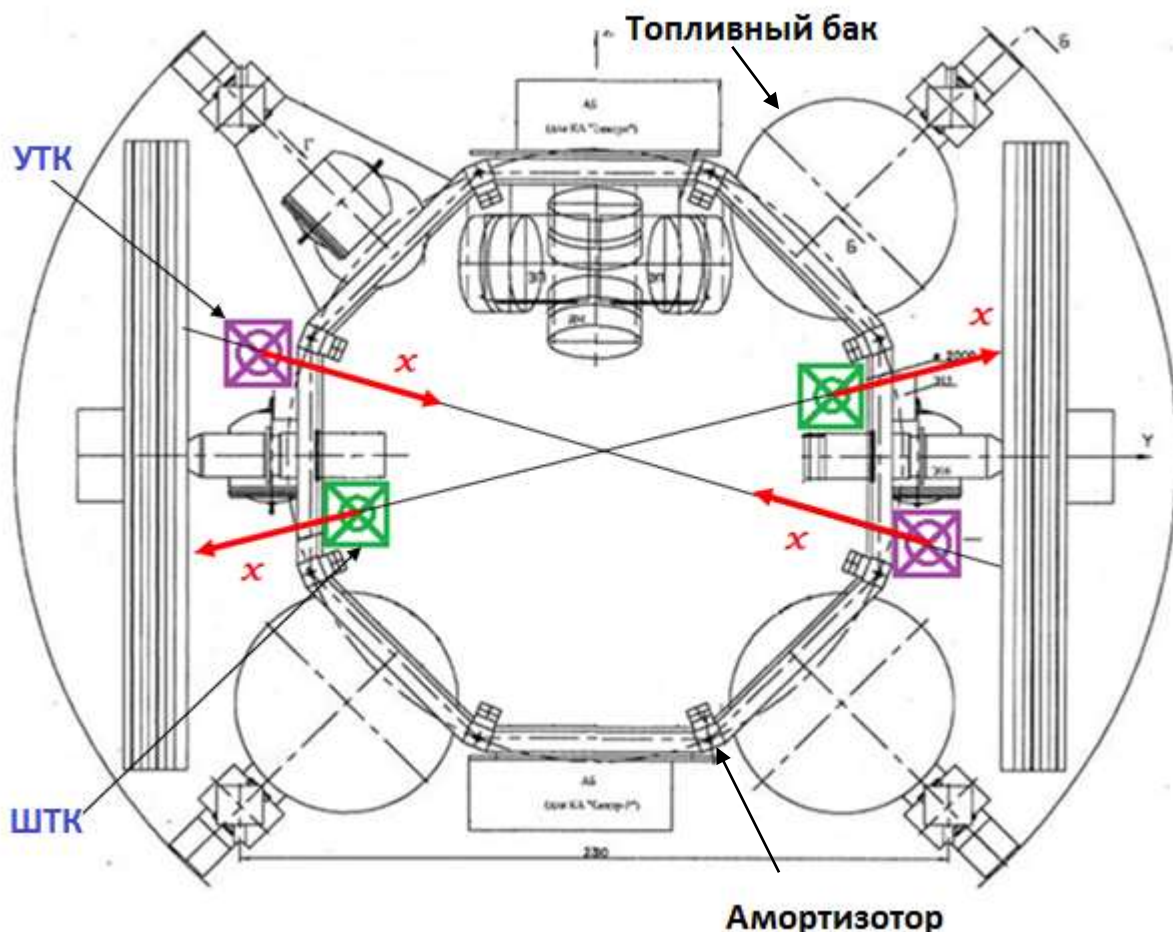


Рисунок 3.1 - Схема платформы «Навигатор»

3.4 Вывод по 3 главе

Были подобраны приборы, удовлетворяющие техническому заданию, а именно: минимальная масса, энергопотребление, габариты. Проанализированы две космические платформы «Proteus» и «Навигатор», из которых выбрали отечественную разработку МОКБ «Марс». Произвели условное размещение, ранее участвующих в миссии «Фобос-Грунт», двух камер УТК и двух камер ШТК с фокусным расстоянием 500 мм и 18 мм соответственно. Новые датчики звездной ориентации БОКЗ-2М имеют меньшую массу, энергопотребление, габариты. Они обладают большей точностью определения параметров ориентации и частотой обновления информации. Выбранные датчики установлены на места АД-1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4. АЛГОРИТМЫ ПОСАДКИ

4.1 Программно-алгоритмическое обеспечение информационной поддержки посадки

На этапе посадки КА на поверхность астероида будет проводиться одновременная съемка двумя парами камер:

- с целью записи полных изображений во встроенную память камер;
- создание сжатых кадров репортажной съемки;
- формирование карты пригодности поверхности для посадки;
- определение расстояния от КА до поверхности астероида;
- измерения смещения опорного объекта на последовательных изображениях для оценки бокового смещения КА.

Для решения указанных задач разработано программно-алгоритмическое обеспечение (ПАО) режима «Посадка».

ПАО ТСНН в режиме «Посадка» производит управление работой камер ТСНН, автономную обработку получаемых изображений и обмен информацией с бортовыми вычислительным комплексом (БВК) при спуске КА на поверхность астероида.

ПАО «Посадка» одинаково для всех камер ТСНН (различие камер учитывается заданием характеризующих их параметров). Все камеры начинают работать синхронно при включении режима «Посадка» и завершает работу только после посадки на поверхность астероида. УТК пропускает ряд функций, выполняемых ШТК (построение карты пригодности, оценка боковых смещений), поскольку из-за своего малого поля зрения она не может их эффективно выполнять. Измерения высоты и скорости КА, а также построение карты пригодности производятся каждой камерой в течение всего спуска, а не только на тех высотах, на которых эти измерения будут реально использоваться алгоритмом управления посадкой в БВК, но наиболее важными они являются при приближении к поверхности на высотах ниже 300 м для контроля высоты,

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						30
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

скорости соприкосновения с поверхностью и автономного выбора посадки. При этом «левая» и «правая» камеры (УТК или ШТК) работают по симметричной схеме: например, в то время как «правая» камера измеряет высоту с использованием опорных точек, выделенных «левой камерой», «левая» камера определяет высоту с использованием опорных точек, выделенных «правой» камерой.

Разрешение и поле зрения камер ТСНН при посадке приведены в табл. 4.1 с учетом эффекта дефокусировки. Смазом изображений из-за бокового смещения КА относительно поверхности астероида можно пренебречь. Для УТК ухудшение разрешения из-за дефокусировки в два раза происходит на высоте 5 км, а на высотах ниже 1 км разрешение УТК остается практически постоянным. Для ШТК при той же дефокусировке предельное разрешение составляет 1 см [8].

Таблица 4.1 – Разрешение и поле зрения камер ТСНН при посадке

Расстояние до поверхности астероида	ШТК (f=18 мм)		УТК (f=500 мм)	
	разрешение	поле зрения	разрешение, см	поле зрения, м
10 км	4,1 м	4,1 км	22	150
3 км	1,2 м	1,2 км	12	45
1 км	42 см	410 м	8,6	15
300 м	13 см	120 м	7,6	4,5
100 м	5,0 см	41 м	7,3	1,5
30 м	2,1 см	12 м	-	-
10 м	1,3 см	4,1 м	-	-
3 м	1,0 см	1,2 м	-	-
1 м	0,9 см	41 см	-	-

Некоторые функции (к примеру, способ построение карты пригодности) имеет смысл производить для тех интервалов высот, для которых результаты этих функций реально будут использоваться. Так, после окончания торможения

КА на высоте 300...200 м, когда разрешение ШТК достигнет 13...9 см, по снимкам ШТК должен производиться автономный выбор места посадки. По данным ШТК будет строиться и передаваться в БВК карта пригодности поверхности для посадки, по которой можно будет определить пригодность предположительного места посадки, в случае непригодности площадки – выбрать наиболее равный участок заданного размера, на который будет произведена посадка КА. Карта пригодности строится по признаку фотометрической однородности изображения с дополнительным учетом наличия теней и близости крупных неоднородностей [8].

Обмен информации с БВК по мультиплексному каналу обмена (МКО) идентичен для всех камер системы, что значительно упрощает алгоритмы обмена.

После включение камер и проведения подготовительных операций (тестирование, инициализации внутренних буферов данных, передачи параметров съемки и алгоритмических параметров) осуществляется основная съемка, обработка информации и информационного обмена с БВК. Каждый процесс инициализируется командой синхронизации, передающейся от БВК одновременно в каждую камеру. Продолжительность каждого цикла – 6 с.

В целях отсутствия увеличения времени цикла за счет записи полных изображений в память, измерения и запись производятся поочередно (рис. 4.1). На высотах, где измерения наиболее критичны, они не прерываются и запись в память не производится. Периодичность записи во флэш-память и интервал высот, на которых такая запись осуществляется, задаются параметрами программы посадки. Например, для УТК запись во флэш-память можно осуществлять 1 раз в 3 мин, т. е. 1 раз на 30 циклов измерений от момента схода с орбиты и до высоты 3 км, с которой начинается наиболее критический участок для измерений УТК. Стереоизмерения УТК проводятся до высоты 300 м, где перекрытие стереоизображений уменьшается до 50 %. Для ШТК запись изображений можно начать на высотах ниже 40 м после прекращения измерений и проводить запись на каждом цикле. Режим «Посадка» заканчивается

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

передачей в БВК записанных полных изображений из буферов данных камер и их выключением [8].

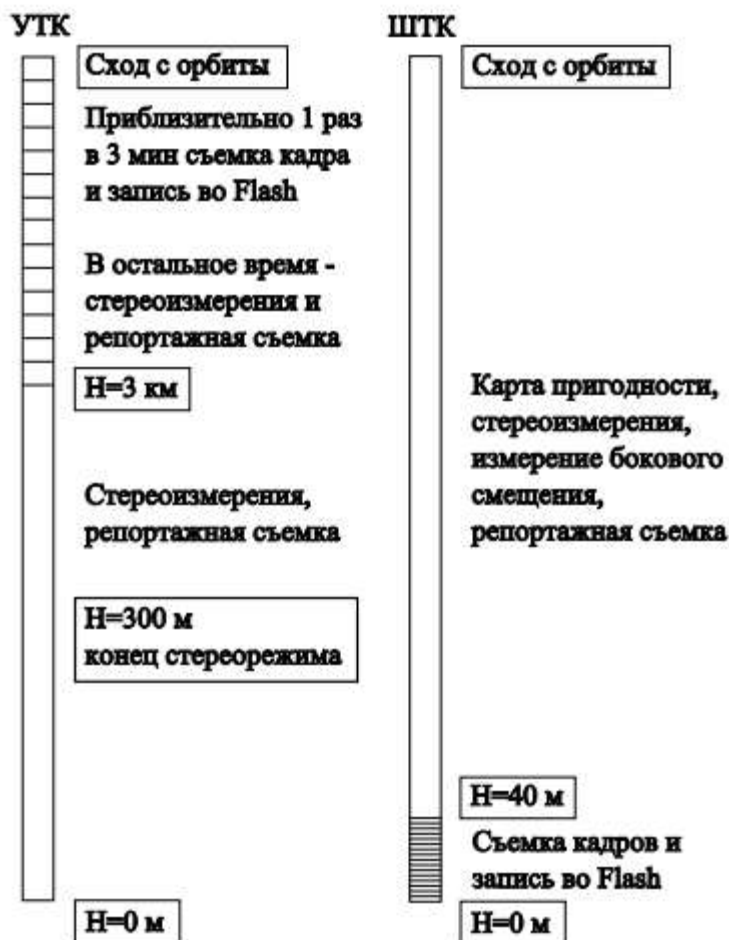


Рисунок 4.1 - Чередование циклов измерений и записи изображений при спуске КА на астероид.

4.2 Определение базиса

При построении стереоизображений необходимо задать координаты центров камер, образующих стереопару, так, чтобы перекрытие изображаемой поверхности было не менее 60%.

Стереосъемка, как правило, выполняется двумя способами:

1. Нормальный случай съемки – направления съемки перпендикулярны направлению, соединяющему центры съемки;
2. Конвергентная съемка – направления съемки пересекаются в одной точке, находящейся на поверхности объекта съемки.

Основным параметром, необходимым для формирования стереоизображения, является длина базиса съемки, т.е. расстояние между задними узловыми точками объективов камер.

Нормальный случай съемки используется для широкоугольных камер.

При этом базис съемки рассчитывается по следующей формуле:

$$B = \frac{\left(1 - \frac{P}{100}\right) * l}{f} * H \quad (4.1)$$

где B – базис съемки, км; P – процент перекрытия изображений; l – размер изображения, мм; H – высота съемки, км; f – фокусное расстояние камеры, мм.

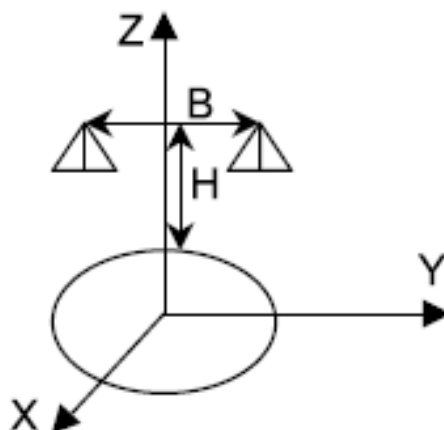


Рисунок 4.2 – Схема нормальной съемки

Так для широкоугольной телевизионной камеры при $f=18$ мм с расстояния $H=10$ км, базис съемки должен иметь длину 2,23 км. При этом элемент разрешения будет составлять 10 м [9].

Для узкоугольных камер данная формула не подойдет, так как получится слишком маленький базис и как следствие, низкая точность определения высот точек снимаемой поверхности. Поэтому для узкоугольных камер необходимо использовать конвергентную съемку:

$$B = \frac{2 * H}{tg(90 - \gamma)}, \quad (4.2)$$

где B – базис съемки; γ – угол наклона камеры к базису; H - высота съемки.

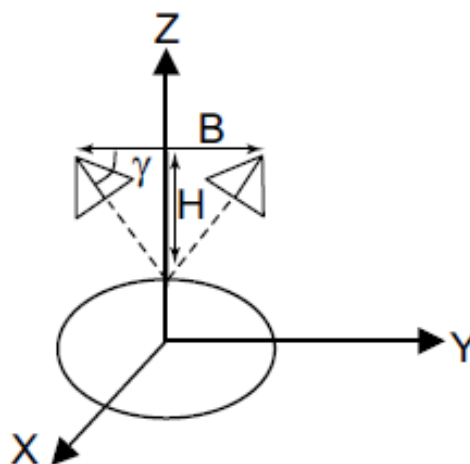


Рисунок 4.3 – Схема конвергентной съемки

4.3 Построение карты неоднородности поверхности и автономный выбор места посадки

Поскольку вычислительных ресурсов процессоров камер ТСНН не достаточно, чтобы построить в реальном времени трехмерную модель поверхности астероида, был выбран фотометрический способ характеристики рельефа. При расчетном фазовом угле (угле Солнце - объект – наблюдатель) при посадке, равном 50° , большие камни могут распознаваться по отбрасываемым ими теням, а склоны кратеров и борозд – по перепадам яркости, связанным с их наклонами и определяемым индикатрисой рассеяния поверхности [8].

В номинальном режиме карта неоднородности будет использоваться на высотах от 300 до 50 м, для которых и необходимо оптимизировать ее параметры так, чтобы:

- разрешение изображения находилось в интервале 10...50 см с тем, чтобы, с одной стороны, распознавать опасные неровности, а с другой стороны – избежать влияния на неоднородность изображения мелкомасштабной структуры

реголита, не влияющей на безопасность посадки, но могущей иметь высокий контраст;

- размер окна соответствовал площадке требуемого размера $L=10$ м на поверхности астероида.

Как показывает табл. 4.2, использование 4-кратного загрубленного изображения, позволяющее резко сократить вычислительные затраты по сравнению с обработкой исходного изображения, обеспечивает в интервале высот 300...50 м требуемого разрешения 50...8 см [9].

Таблица 4.2 – Степени загрубления изображения

Высота, м	1000	500	250	100	50	25	10
Разрешение изображения, см;							
- исходного	40	20	10	4	2	1	0.4
- 4-кратного	160	80	40	16	8	4	1.6
- 8-кратного	320	160	80	32	16	8	3.2
- 20-кратного	800	400	200	80	40	20	9.1
Поле зрения, м	400	200	100	40	20	10	4
Размер площадки, м	32.9	16.4	10	10	6.1	4.2	3.0
Размер окна в числе ячеек	2	2	3	6	7	10	18
Перекрытие окон	1/2	1/2	2/3	5/6	6/7	9/10	17/18

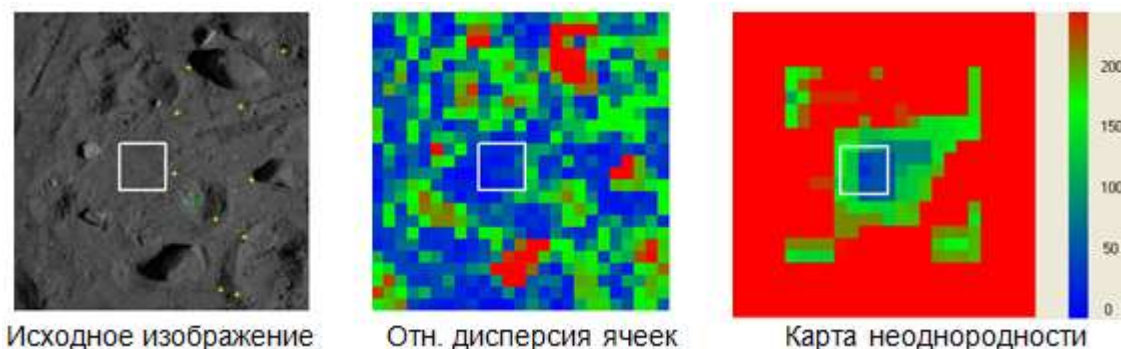


Рисунок 4.4 – Построение карты неоднородности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

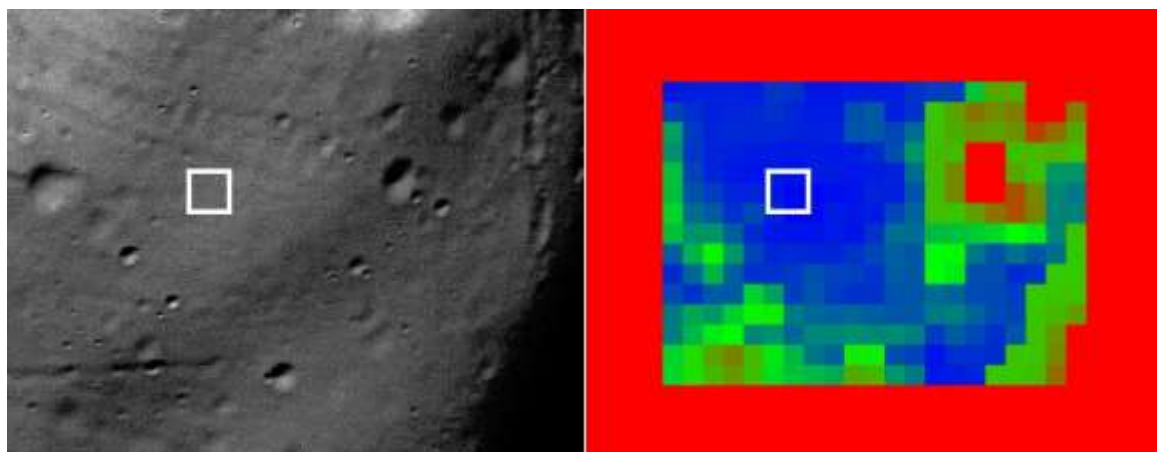


Рисунок 4.5 – Построение карты неоднородности астероида

4.4 Моделирование «мягкой» посадки

На данной схеме представлен усовершенствованный адаптивный скользящий режим управления методом мягкой посадки КА на астероид.

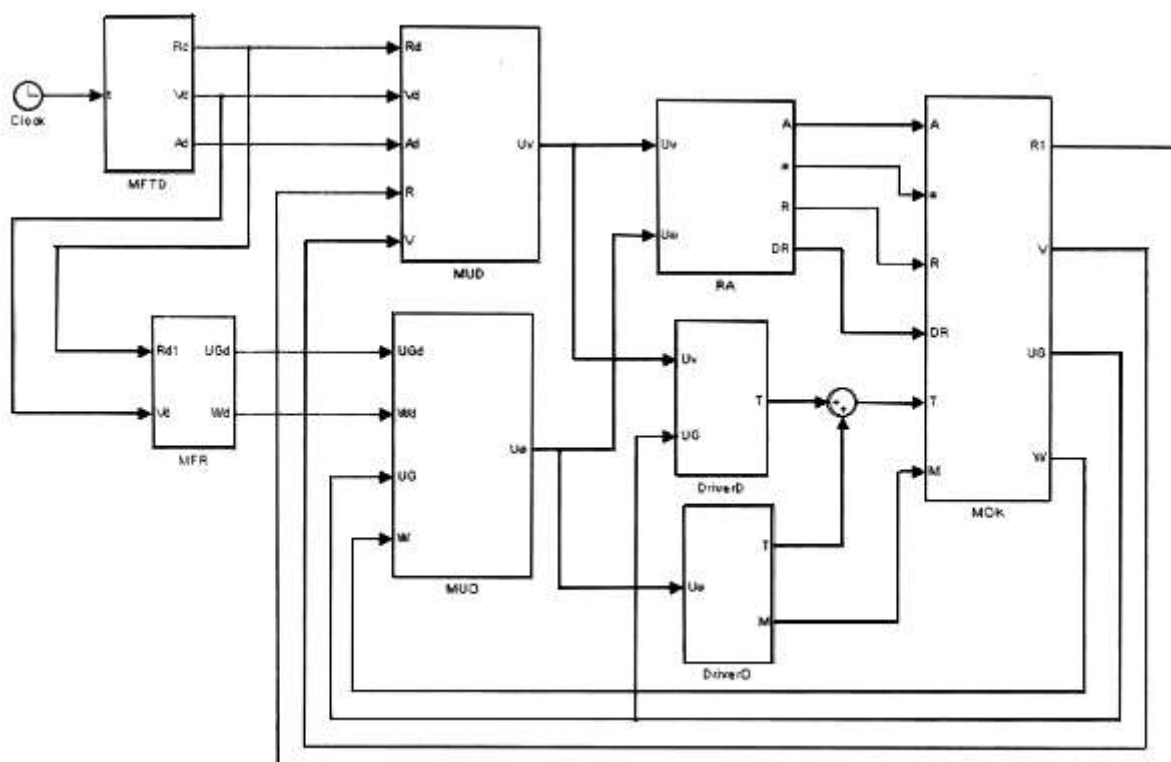


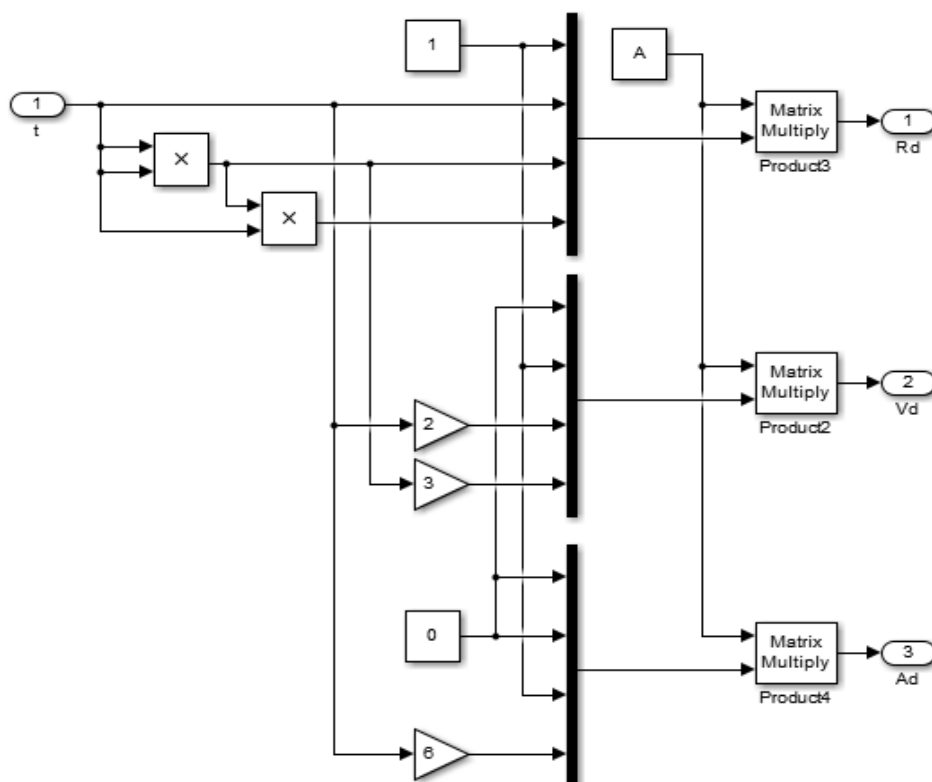
Рисунок 4.6 -Функциональная схема системы управления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Схема содержит модуль формирования траектории движения (MFTD), модуль формирования вращения вокруг центра масс (MFR), модуль управления движением (MUD) и ориентацией (MUO), модели приводов движения и ориентации (Driver D, Driver O), модуль оценки координат (МОК) и посадочный модуль (РА), интерфейсные блоки (на схеме не показаны).

Модуль формирования траектории вычисляет программные значения координат положения, скорости и ускорения (векторы R_d , V_d , A_d) для заданных моментов времени. Одна из реализаций представлена на рис. 4.7.

Модуль управления движением на основе желаемых координат и их оценки формирует требуемый закон управления. Известно несколько методов от алгоритмов, синтезируемых на основе вектора ошибки, без адаптации и с адаптацией коэффициентов регулятора, алгоритмов с предсказывающей или эталонной моделью, до реализации устройств с переменной структурой и скользящих режимов [16].



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 4.7 - Модуль формирования траекторий

На рис. 4.8 показан пример одного из простейших регуляторов. В отсутствие шумов измерений (или их подавлений в блоке оценки координат) и подборке коэффициентов получают вполне удовлетворительные результаты.

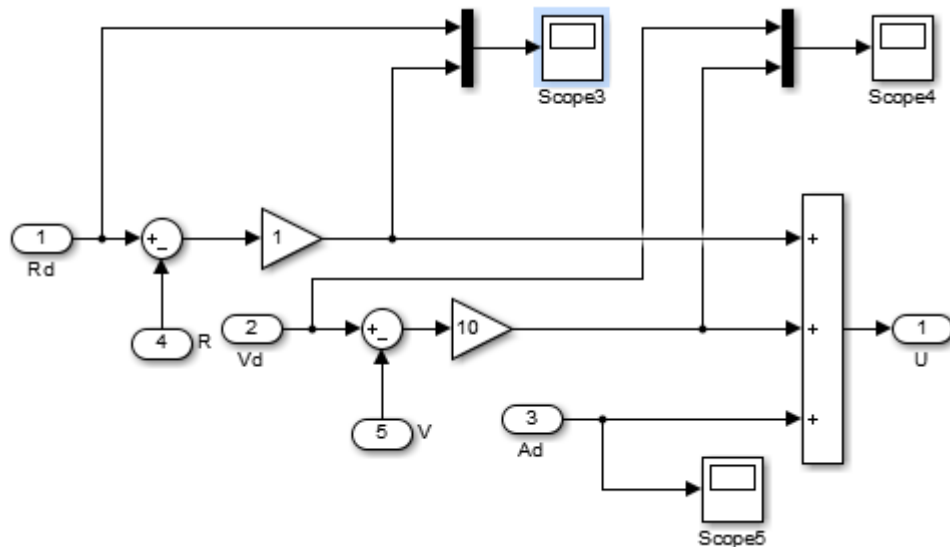


Рисунок 4.8 -

Для проверки предлагаемых решений была использована упрощенная модель посадочного модуля, учитывающая только движение центра масс.

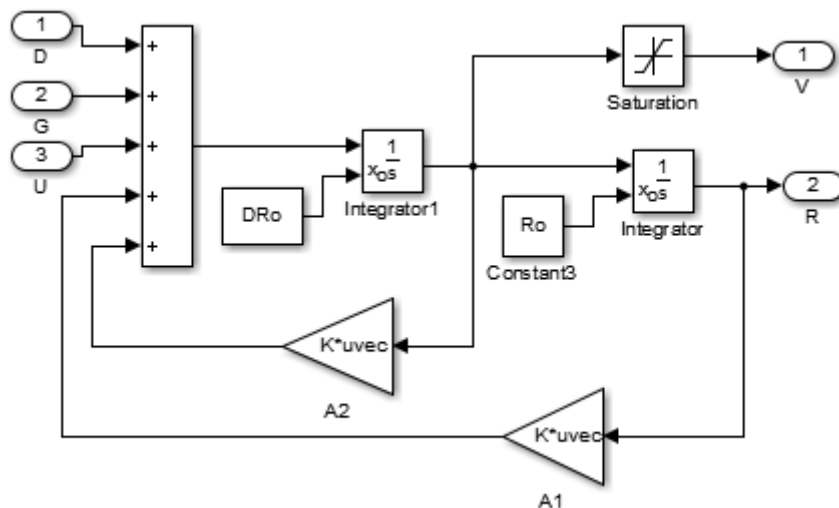


Рисунок 4.9 -

Дополнительные входы позволяют учесть ускорение, обусловленное гравитацией (G), а также другими факторами (D).

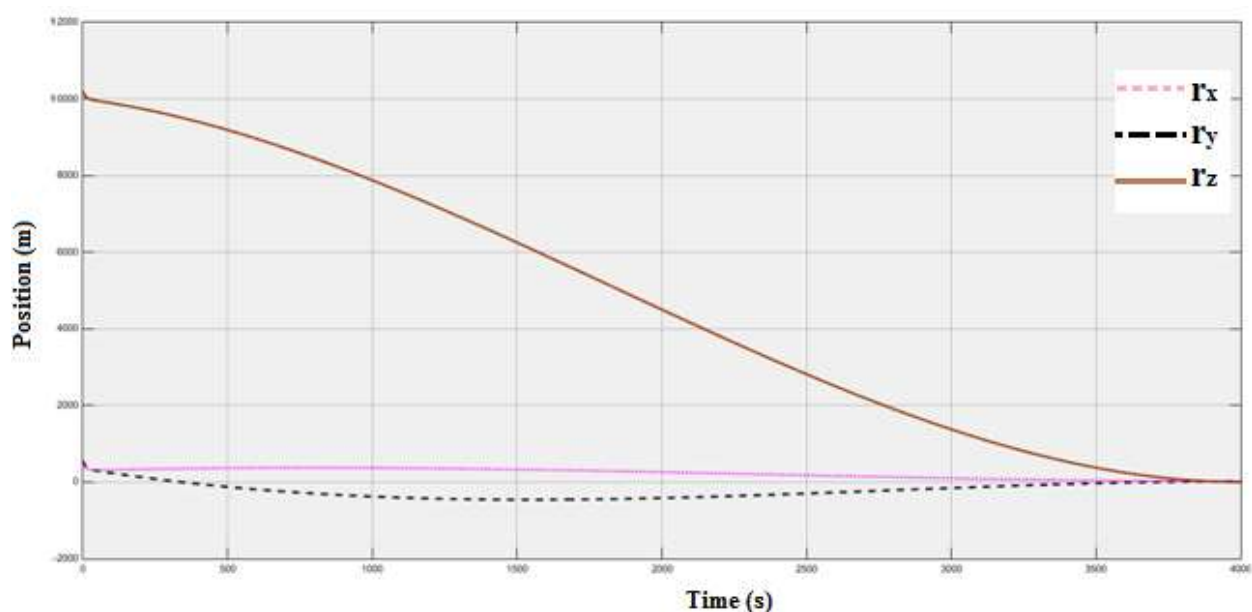


Рисунок 4.10 –

На рисунке представлены программные траектории движения центра масс КА в системе связанной с астероидом. Начальные расчетные значения равны 200, 200, 10000, конечные 0, 0, 0. Промежуточные точки получаются аппроксимацией полиномом третьего порядка. Коэффициенты рассчитываются методом наименьших квадратов. Нас интересует траектория Γ_z . Укажем на ее графике основные этапы работы камер УТК и ШТК, формирования изображений астероида и выбора места для посадки КА.

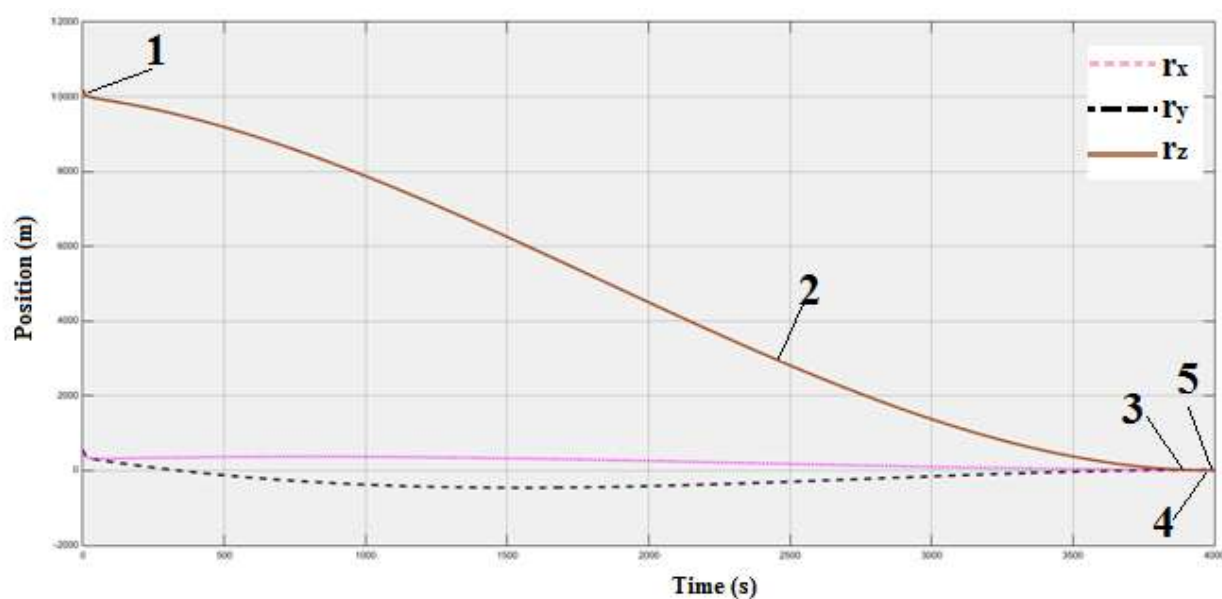


Рисунок 4.11 -

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1. Высота 10 000 м. Сход с орбиты. Камеры включаются синхронно. УТК съемку кадра приблизительно 1 раз в 3 мин и записывает в память. ШТК: карту пригодности, стереометрия, измерение бокового смещения, репортажная съемка.
2. Высота 3 000 м. УТК: стереометрия, репортажная съемка
3. Высота 300 м. УТК: остановка стереорежима.
4. Высота 40 м. ШТК: съемка кадров и запись в память.
5. Высота 0 м. Касание поверхности астероида. Выключение камер ТСНН.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1 Технико-экономическое обоснование

Система технического зрения КА должна обеспечивать быстроедействие и точность в определении ориентации и выбора места посадки на астероиде. На этапе использования система выполняет следующий алгоритм работ: после выхода платформы «Навигатор» в открытый космос необходимо незамедлительное определение ориентации за счет работы звездного датчика АД-1 и солнечного датчика СДП-1. АД-1 находит некоторое количество звезд и сравнивает их положение со звездным каталогом, находящимся во встроенной памяти БКУ. Далее аппарат совершает подлет к астероиду и определяет его угловую скорость, связи, с чем выясняется необходимость облета космического тела с целью определения площадки для посадки КА. С помощью камер УТК и ШТК делаются стереоснимки поверхности астероида, на которых выделяются соответственные точки для определения углового смещения, и совершается посадка.

В ходе работы были определены задачи:

- выбрать космическую платформу;
- определить состав системы технического зрения;
- проанализировать имеющиеся, и создать оптимальные алгоритмы посадки.

Экономический эффект достигается за счет выбора космической платформы и оборудования с наименьшим весом, энергопотреблением и наивысшей скорости определения ориентации и выбора места посадки. Быстроедействие СТЗ уменьшит расход топлива и время миссии в целом.

5.2 Сетевое планирование работ

Планирование и управление сложным объектом гораздо проще проводить при помощи методов сетевого моделирования. Данный метод основан на принципе графического отображения комплекса работ, который представляет последовательность выполнения отдельных работ проекта, длительность проекта и логическую взаимосвязь данного проекта.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Работники участвующие в реализации проекта:

- 1) Научный руководитель – 1 человек;
- 2) Студент – 1 человек;

5.3 Расчет ожидаемой продолжительности работ.

Исходя из минимальной и максимальной оценок продолжительности работы, в сетевом графике можно рассчитать ожидаемую продолжительность работы. При этом, минимальной оценки соответствует наиболее благоприятные условия работы, а максимальной – наиболее неблагоприятные.

Ожидаемая продолжительность каждой работы определяется по формуле:

$$t_{ijож} = 0.6t_{ijмин} + 0.4t_{ijмакс}, \quad (5.1)$$

где $t_{ijмин}$ – минимальная оценка продолжительности работы;

$t_{ijмакс}$ – максимальная оценка продолжительности работы.

Перечень и параметры работ сетевого графика приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень и параметры работ сетевого графика

або ты	Наименование работы	Продолжительн ость, сут			Испо лнители, чел.	
		ин.	акс.	жид.	ук.	нж.
	Утверждение темы дипломного проекта					
	Получение и анализ технического задания					
	Обзор проведенных посадочных миссий					
	Обзор существующих вариантов компоновки					
	Анализ литературы по СТЗ					
	Обзор литературы по безопасности жизнедеятельности					
	Выполнение сетевого графика					

	планирования работ					
	Анализ литературы по безопасности жизнедеятельности					

Продолжение таблицы 5.1.

	Анализ литературы по проектированию КА					
0	Анализ литературы по проектированию БСУ КА					
1	Анализ функциональной недостаточности прототипа					
2	Выдвижение и проработка предложений по модернизации прототипа					
3	Выбор и анализ оптимальной компоновки СТЗ.					
4	Разработка алгоритмов посадки для модернизированного прототипа					
5	Доработка алгоритмов посадки для модернизированного прототипа					
6	Моделирование алгоритмов посадки					
7	Оформление раздела безопасности жизнедеятельности					
8	Расчет организационно-экономического раздела					
9	Оформление пояснительной записки					
0	Защита дипломного проекта					

Среднеквадратическое отклонение δ_{ij} продолжительности работы в двухоченной методике рассчитывается по формуле:

$$\delta_{ij} = 0,2 (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}}). \quad (5.2)$$

Дисперсия рассчитывается по формуле:

$$D_{ij} = 0,04 (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}})^2 . \quad (5.3)$$

Вероятностные характеристики работ сетевого графика представлены в таблице 4.2.

Таблица 5.2 – Вероятностные характеристики работ сетевого графика

№ работ	Наименование работы	Продолжительность, сут.					Среднеквадратическое отклонение, сут.	Дисперсия, сут.
		Минимальная	Максимальная	Ожидаемая	Руководитель	Студент		
,1	Утверждение темы дипломного проекта							
,2	Получение и анализ технического задания							
,3	Обзор проведенных посадочных миссий						,8	,64
,4	Обзор существующих вариантов компоновки						,4	,16
,5	Анализ литературы по СТЗ						,4	,16
,5	Анализ литературы по СТЗ						,4	,16
,6	Обзор литературы по безопасности жизнедеятельности							
,7	Выполнение сетевого графика планирования работ						,2	,04

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

,8	Анализ литературы по безопасности жизнедеятельности						,2	,04
,9	Анализ литературы по проектированию КА						,2	,04
,10	Анализ литературы по проектированию БСУ КА						,4	,16
0,11	Анализ функциональной недостаточности прототипа						,4	,16
1,12	Выдвижение и проработка предложений по модернизации прототипа						,4	,16
1,13	Выбор и анализ оптимальной компоновки СТЗ.						,2	,04
2,14	Разработка алгоритмов посадки для модернизированного прототипа						,6	,36
3,14	Разработка алгоритмов посадки для модернизированного прототипа						,6	,36

Продолжение таблицы 5.2

4,15	Доработка алгоритмов посадки для модернизированного прототипа						,2	,04
5,16	Моделирование алгоритмов посадки						,6	,36
6,17	Оформление раздела безопасности жизнедеятельности						,2	,04
7,18	Расчет организационно-экономического раздела						,2	,04
8,19	Оформление пояснительной записки						,6	,36
9,20	Защита дипломного проекта							

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ

Лист

46

5.4 Расчет параметров событий сетевого графика.

Ранний срок свершения исходного события сетевого графика принимается равным нулю. Ранний срок свершения данного промежуточного события рассчитывается путем сравнения сумм, состоящих из раннего срока свершения события, непосредственно предшествующего данному, и длительности работы. Так как данное событие не может свершиться, пока не закончится последняя из непосредственно предшествующих ему работ, очевидно, что в качестве раннего срока свершения события принимается максимальная из сравниваемых сумм.

Рассчитанный таким образом ранний срок свершения завершающего события всего сетевого графика принимается в качестве его же позднего срока свершения. Это означает, что завершающее событие сетевого графика никаким резервом времени не располагает.

Поздний срок свершения данного промежуточного события определяется при осмотре сетевого графика в обратном направлении. Для этого сопоставляются разности между поздним сроком свершения события, непосредственно следующего за данным, и продолжительности работы, соединяющее соответствующее событие с заданным. Так как ни одна из непосредственно следующих за данным событием работ не может начаться, пока не свершится само данное событие, очевидно, его поздний срок свершения равен минимуму подсчитанных разностей.

Правильность расчета поздних сроков свершения событий сетевого графика подтверждается получением нулевого позднего срока свершения исходного события.

Резерв времени образуется у тех событий, для которых поздний срок свершения больше раннего, и он равен их разности. Если же эти сроки равны, событие резервом времени не располагает и, следовательно, лежит на критическом пути.

Результаты вычисления параметров событий приведены в таблице 5.3 и отображены на сетевом графике (рисунок 5.1.).

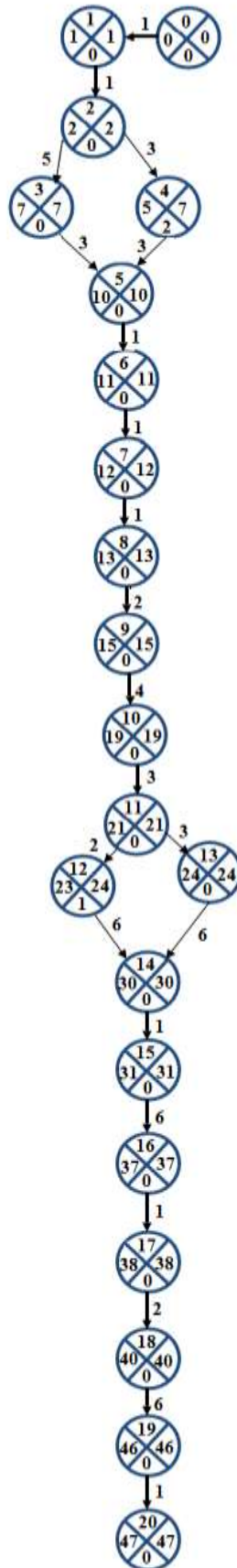


Рисунок 5.1 – Сетевой график

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 5.3 – Параметры событий сетевого графика

Номер события	Сроки свершения		Резерв времени
	ранний	поздний	
0	0	0	0
1	1	1	0
2	2	2	0
3	7	7	0
4	5	7	2
5	10	10	0
6	11	11	0
7	12	12	0
8	13	13	0
9	15	15	0
10	19	19	0
11	21	21	0
12	23	24	1
13	24	24	0
14	30	30	0
15	31	31	0
16	37	37	0
17	38	38	0
18	40	40	0
19	46	46	0
20	47	47	0

5.5 Расчет параметров работ сетевого графика

Ранний срок начала работы T_{pij} совпадает с ранним сроком свершения ее начального события.

Поздний срок начала работы T_{pij} можно получить, если из позднего срока свершения ее конечного события вычесть ее ожидаемую продолжительность.

Ранний срок окончания работы T_{poi} образуется прибавлением ее продолжительности к раннему сроку свершения ее начального события.

Поздний срок окончания работы T_{poi} совпадает с поздним сроком свершения ее конечного события.

Для всех работ критического пути, как не имеющих резерв времени, ранний срок начала совпадает с поздним сроком начала, а ранний срок окончания совпадает с поздним сроком окончания.

Работы, не лежащие на критическом пути, обладают резервами времени.

Полный резерв времени работы R_{nij} образуется вычитанием из позднего срока свершения ее конечного события, раннего срока свершения ее начального события и ее ожидаемой продолжительности.

Частный резерв времени первого рода $R1_{nij}$ равен разности поздних сроков свершения ее конечного и начального событий за вычетом ее ожидаемой продолжительности.

Частный резерв времени второго рода $R2_{nij}$ равен разности ранних сроков свершения ее конечного и начального событий за вычетом ее ожидаемой продолжительности.

Свободный (независимый) резерв времени работы R_{cij} образуется вычитанием из раннего срока свершения ее конечного события позднего срока свершения ее начального события и ее ожидаемой продолжительности. Свободный резерв времени может быть отрицательным.

Сроки свершения событий работ сведены в таблицу 5.4

Таблица 5.4 – сроки свершения событий работ

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки свершения начального события		Сроки свершения конечного события	
		ранний	поздний	ранний	поздний
0,1	1	0	0	1	1
1,2	1	1	1	2	2
2,3	5	2	2	7	7
2,4	3	2	2	5	7
3,5	3	7	7	10	10
4,5	3	5	7	10	10
5,6	1	1	10	11	11
6,7	1	1	11	12	12
7,8	1	1	12	13	13

8,9	2	1	13	15	15
9,1	4	1	15	19	19
10,	3	1	19	21	21
11,	2	2	21	23	24
12		1			
11,	3	2	21	24	24
13		1			

Продолжение таблицы 5.4

12,	6	2	24	30	30
14		3			
13,	6	2	24	30	30
14		4			
14,	1	3	30	31	31
15		0			
15,	6	3	31	37	37
16		1			
16,	1	3	37	38	38
17		7			
17,	2	3	38	40	40
18		8			
18,	6	4	40	46	46
19		0			
19,	1	4	46	47	47
20		6			

Коэффициент напряженности работы равен отношению продолжительности отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путем (на котором события имеют нулевой резерв времени) к продолжительности отрезков критического пути, проходящего через данную работу и не совпадающих с максимальным путем.

Результаты вычисления параметров работ сетевого графика приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Параметры работ сетевого графика

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки свершения начального события	Сроки свершения конечного события	Резервы времени	Коэффициент напряженности
------------	-----------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------	---------------------------

		Ранний	Поздний	Ранний	Поздний	Полный	Частный 1 рода	Частный 2 рода	Свободный	
,1	1		0	1	1					
,2	1		1	2	2					
,3	5		2	7	7					
,4	3		2	5	7					,7 5
,4	3		7	0	1	0	1			
,5	3		7	0	1	0	1			
,6	1	0	0	1	1	1	1			
,7	1	1	1	2	2	1	1			
,8	1	2	2	3	3	1	1			
,9	2	3	3	5	5	1	1			

Продолжение таблицы 5.5

,10	4	5	5	1	9	1	9	1				
,11	3	9	9	1	1	2	1	2				
0,12	2	1	1	2	3	2	4	2				
1,12	3	1	1	2	4	2	4	2				,8 9
2,13	6	3	4	2	0	3	0	3				
3,14	6	4	4	2	0	3	0	3				
4,15	1	0	0	3	1	3	1	3				
5,16	6	1	1	3	7	3	7	3				
6,17	1	7	7	3	8	3	8	3				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ

Лист

52

7,18	2	8	8	0	4	4				
8,19	6	0	0	6	4	4				
9,20	1	6	6	7	4	4				

Правильность расчетов резервов времени работы можно проверить по следующим соотношениям:

- Сумма полного и свободного резерва работы равна сумме двух частных ее резервов;

- Поздний и ранний сроки начала работы, а также поздний и ранний сроки ее окончания всегда отличаются на величину ее полного резерва.

Для работ, лежащих на критическом пути, никаких резервов времени нет и, следовательно, коэффициент напряженности таких работ равен единице. Если работа не лежит на критическом пути, она располагает резервами времени и ее коэффициент напряженности меньше единицы. Его величина подсчитывается как отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путем $t_{\max ij}$ к сумме продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путем, проходящим через эту работу $t_{кр ij}$.

В зависимости от коэффициента напряженности все работы попадают одну из трех зон напряженности:

- Критическую, $k_{nij} > 0,8$;
- Промежуточную, $0,5 \leq k_{nij} \leq 0,8$;
- Резервную, $k_{nij} < 0,5$.

Работа с кодом 2,4 попадает в промежуточную зону напряженности, а все остальные в критическую зону напряженности.

5.3 Расчет затрат на НИОКР

Для расчета сметы завтра по проведению НИОКР необходимо определить количество исполнителей, трудоемкость работ, материальные затраты и др. Согласно сетевому графику, для выполнения работы требуется два исполнителя.

На основании результатов, представленных в таблице 5.2, на каждого исполнителя рассчитана трудоемкость по формуле:

$$T = \sum N_u \cdot t_{ij} \quad (5.4)$$

где N_u – количество исполнителей, чел.;

t_{ij} – ожидаемая продолжительность работы, дн.

В основную заработную плату включается:

- Прямая заработная плата;
- Доплаты по поясному коэффициенту;
- Премия.

Прямая заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗПР_{осн} = \sum 8 \cdot T_i \cdot S_i \quad (5.5)$$

где T_i - трудоемкость работ, чел·дн;

S_i – часовая тарифная ставка, руб/час.

Доплата по поясному коэффициенту составляют 15% от прямой заработной платы, а премия составляет 20% от суммы прямой заработной платы и доплаты по поясному коэффициенту. Данные по расчету основной заработной плате представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.7 – Заработная плата

Категория персонала	Руководитель	Студент
Трудоемкость, чел/дн	20	52
Часовая тарифная ставка, руб	115	60
Прямая заработная плата, руб	25392	24960
Доплата по урал.	2760	3740

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Коэффициенту, руб		
-------------------	--	--

Продолжение таблицы 4.7

Премия, руб	4232	5740
Основная заработная плата, руб	31862,4	34440

Затрат на спецоборудование для данных работ нет, так как спецоборудование для данной работы не приобреталось.

Затраты по статье «Дополнительные расходы» учитывают транспортные расходы. Затраты на транспортные расходы рассчитываются с учетом стоимости проезда по городу до места работы, равной 23 рублям. Учитывая трудоемкость работ и что проезд осуществляется до работы и обратно, затраты на транспортные расходы составляют 3220 рублей.

Затрат на «Контрагентские расходы» для данных работ нет, так как работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями по заказу данной организации, результаты которых используются в данной работе, нет.

Накладные расходы включают затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые не могут быть отнесены прямым счетом на конкретную тему. Затраты на электричество рассчитываются исходя из стоимости кВт/ч, равной 2,3 рубля, трудоемкости работ и того, что компьютер работал весь рабочий день. С учетом этого получаем:

- Руководитель – 552 руб;
- Студент – 1432,2 руб.

Расчет амортизации персонального компьютера произведем по следующей формуле:

$$A_M = \frac{\Phi_{ост} \cdot N_A \cdot N_D}{365} \quad (5.6)$$

где $\Phi_{ост}$ – остаточная стоимость электронной вычислительной машины;

N_A – коэффициент, равный 0.12 ед;

N_D – количество отработанных дней;

A_M – амортизация, руб.

Остаточную стоимость рассчитаем по формуле:

$$\Phi_{ост} = \Phi_p - \Phi_p \cdot H_A \cdot N_{Г} \quad (5.7)$$

где Φ_p – рыночная стоимость персонального компьютера, руб;

$N_{Г}$ – количество отработанных лет.

Накладные расходы представлены в таблице 5.7

Таблица 5.7 – Накладные расходы

Наименование статьи затрат	Сумма,
Затраты на электричество	1984,2
Затраты на амортизацию ПК	564
Итого:	2548,2

Смета затрат на выпускную квалификационную работу сведена в таблицу 5.8

Таблица 5.8 – Смета затрат

Наименование статьи затрат	Сумма, руб.
Основная заработная плата	66302,4
Дополнительные расходы	3220
Накладные расходы	3220
Итого:	2548,2

5.4 Стоимостная оценка результатов мероприятий

Поскольку в сети отсутствует информация о стоимости рассмотренной аппаратуры и космических площадок, не удастся произвести расчет экономического эффекта. Разработанные алгоритмы посадки являются функциональной частью КА и не могут продаваться отдельно. Отсутствие аналогичных сборок не дает возможности провести сравнение, с целью определения выгоды.

Уменьшение массы платформы и научной аппаратуры существенно сократит затраты на топливо, а выбор оптимального метода посадки сократит время всей миссии в целом, что повышает ее шансы на успешное завершение.

6. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Краткие сведения о проектируемом объекте.

Система технического зрения КА предназначена для определения местоположения КА в пространстве, осмотре космических объектов и выбора места посадки в частности. Доступ к системе осуществляется с автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора, которое представляет собой персональный компьютер.

6.2 Классификация опасных и вредных производственных факторов.

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в значительной степени зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов. При работе с персональным компьютером могут проявиться следующие факторы:

- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны.

Работе оператора ПК сопутствуют такие факторы, как монотонность труда и необходимость находиться в принудительной рабочей позе, эргономические

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

требования, предъявляемые к рабочему месту, призваны предотвратить нарушения в опорно — двигательном аппарате. Таким образом, параметры рабочего места определяют нагрузку на костно — мышечную систему.

6.3 Освещение рабочего места оператора ЭВМ.

Важное место в комплексе мероприятий по охране труда и оздоровлению условий труда работающих с компьютерами занимает создание оптимальной световой среды, то есть рациональная организация естественного и искусственного освещения помещения и рабочих мест.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Нормы освещенности помещения и рабочих мест зависят от принятой системы освещения. Рекомендации освещенности для работы принятых в пункте 6.3 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 гласят: освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно быть равномерным. В помещениях с преимущественной работой с документами, следует применять системы комбинированного освещения. Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеотерминалы были расположены боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Следует ограничивать прямую блеклость от источников освещения и отраженную на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.). Наименьшее значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) должна быть равна 1,2.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

6.4 Электробезопасность.

Для сведения к минимуму потенциальной опасности электротравмирования необходимо придерживаться требований, установленных "Правилами эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей". Электрооборудование, находящееся под напряжением, представляет для человека потенциальную опасность. Эта опасность заключается в том, что при эксплуатации ПК человек может коснуться частей, находящихся под напряжением в результате повреждения (пробоя) изоляции.

В помещении вычислительная техника относится к электрооборудованию до 1000В. Питание осуществляется от сети однофазного переменного тока с напряжением 220В и частотой 50 Гц. Все провода и токоведущие части изолированы.

В соответствии с правилами, все помещения, содержащие электроустановки, подразделяются, с точки зрения опасности поражения электрическим током, на три категории:

- помещения без повышенной опасности;
- повышения с повышенной опасностью;
- помещения особо опасные.

По степени опасности поражения электрическим током согласно Правилам Устройства Электроустановок (ПУЭ) рабочее помещение относится к классу помещений с повышенной опасностью, так как имеется возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям здания и с металлическими корпусами электрооборудования с другой.

В соответствии с ГОСТ 12.1.019-2009, электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- изоляция токоведущих частей (основная, дополнительная, усиленная, двойная);
- защитное отключение;

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- изоляцию нетоковедущих частей;
- контроль изоляции;

Для предотвращения образования статической электроэнергии и защиты от нее в помещениях необходимо использовать нейтрализаторы. Защиту от статического электричества необходимо проводить в соответствии с санитарно — гигиеническими нормами допустимого напряжения электрического поля.

6.5 Пожарная безопасность

Согласно нормам пожарной безопасности 123-ФЗ, категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

По горючести вещества и материалы подразделяются на три группы:

- негорючие вещества;
- трудногорючие вещества;
- горючие вещества.

В помещении, в котором находится оператор ЭВМ, присутствуют горючие вещества, т.е. вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Наиболее вероятные классы пожаров в помещениях с ЭВМ - «А» и «Е» (т.е. могут гореть в основном твердые вещества, горение которых сопровождается тлением – класс А; или возможны пожары, вызванные возгоранием электроустановок – класс Е).

Возможными причинами пожара в помещениях с ПЭВМ являются:

- неисправность оборудования;
- нарушение изоляции ТЧ;
- нарушение техники пожарной безопасности (курение, использование открытого пламени);
- повышенная температура окружающей среды.

Помещения с ЭВМ должны оснащаться аптечкой первой помощи и первичными средствами пожаротушения.

Первичные средства пожаротушения предназначены для использования работниками организаций, личным составом подразделений пожарной охраны и иными лицами в целях борьбы с пожарами и подразделяются на следующие типы:

- переносные и передвижные огнетушители;
- пожарные краны и средства обеспечения их использования;
- пожарный инвентарь;
- покрывала для изоляции очага возгорания.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В зависимости от площади защищаемого помещения и класса пожара выбирается количество и состав огнетушителей. Допускается тушение электрооборудования под напряжением до 1000 В с использованием порошковых и углекислотных огнетушителей.

Расстояние от возможного очага возгорания до места размещения огнетушителя не должно превышать 20 м, если ПЭВМ установлены в общественных зданиях и сооружениях, 30 м — для помещений ВЦ.

К мерам снижения пожарной опасности относятся применения автоматической пожарной сигнализации (АПС), охранной пожарной сигнализации (ОПС), автоматических установок пожаротушения (АУП), системы противодымной защиты зданий.

В вычислительных залах обязательна установка дымовых пожарных извещателей.

6.6 Эргономика рабочего места оператора ЭВМ.

Работа оператора ЭВМ относится к психической форма труда с высоко нагрузкой. В этой связи для него необходимо создать наиболее благоприятные условия труда. При этом надо учитывать психофизиологические особенности человека.

Рабочее место должно быть спланировано с учетом антропометрических данных человека, удобства выполнения работ, экономии времени оператора и рационального использования производственных площадей.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. Высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680-800 мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7. Пространство для ног под столом должно быть высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Высота поверхности сидения должна регулироваться от 400 до 500 мм. Ширина сидения

должна быть не менее 400 мм, глубина — не менее 380 мм. Высота опорной плоскости спинки кресла — не менее 300 мм, ширина — не менее 380 мм. Радиус ее кривизны в горизонтальной плоскости 400 мм. Угол наклона спинки в вертикальной плоскости должен изменяться от 0° до 20°.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Для снижения утомляемости можно порекомендовать ввести регламентированные перерывы и комплексы упражнений. Поскольку продолжительность работ с видеотерминалом не должна превышать 50% рабочего времени, а максимальное время непрерывной работы составляет 2 часа, было бы желательно учесть время регламентированных перерывов при работе с ЭВМ (таблица 6.1)

Таблица 6.1 – Зависимость времени перерывов от общего времени работы с ЭВМ.

Время работы	Время отдыха
2 часа	30 мин
4 часа	50 мин
6 часов	70 мин

6.7 Шум.

Основными источниками шума в помещении являются персональные компьютеры, устройства ввода/вывода (принтер, сканер, копир). Шум оказывает различное действие в зависимости от уровня, характера, продолжительности и индивидуальных способностей человека. Шум, даже если он не велик (50–60 дБ), создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие.

Постоянные воздействия шума вызывают повышенную утомленность, головную боль, головокружение, бессонницу, замедление реакции и другие. Современные системы охлаждения и дисководы имеют низкий уровень шума, а использование лазерных принтеров позволяет добиться ещё лучших результатов.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 в случае превышения уровня шума на рабочем месте выше 80 дБА, работодатель должен провести оценку риска здоровью работающих и подтвердить приемлемый риск здоровью работающих.

Работы в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 85 дБА не допускаются.

При воздействии шума в границах 80 - 85 дБА работодателю необходимо минимизировать возможные негативные последствия путем выполнения следующих мероприятий:

- подбор рабочего оборудования, обладающего меньшими шумовыми характеристиками;
- информирование и обучение работающего таким режимам работы с оборудованием, которое обеспечивает минимальные уровни генерируемого шума;
- ограничение продолжительности и интенсивности воздействия до уровней приемлемого риска;
- ежегодное проведение медицинских осмотров для лиц, подвергающихся шуму выше 80 дБ.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16, измерения уровней звука должны выполняться интегрирующими или интегрирующими-усредняющими шумомерами 1-го или 2-го класса точности. Для измерений уровней звукового давления шумомеры должны оснащаться октавными и третьоктавными фильтрами класса 1 по национальному стандарту Российской Федерации. Средства измерения должны быть внесены в Государственный реестр средств измерений.

6.8 Микроклимат

Для рабочих мест, на которых работа с ПЭВМ является основным видом выполняемых работ и связана с непрерывным эмоциональным напряжением, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата для работ категории 1а.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Нормативные требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений приведены в СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Оптимальные величины параметров микроклимата для категории работ 1а приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оптимальные величины параметров микроклимата для категории работ 1а (СанПиН 2.2.4.3359-16).

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22–24	21–25	60–40	0,1
Теплый	1а (до 139)	23–25	22–26	60–40	0,1

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы установили, что система технического зрения космического аппарата состоит из узкоугольной и широкоугольной телевизионных камер (УТК и ШТК), датчика звездной ориентации и солнечного датчика положения.

Были подобраны оптимальные приборы, удовлетворяющие техническому заданию, а именно: минимальная масса, энергопотребление, габариты. Проанализированы две космические платформы «Proteus» и «Навигатор», из которых выбрали отечественную разработку МОКБ «Марс». Произвели условное размещение, ранее участвующих в миссии «Фобос-Грунт», двух камер УТК и двух камер ШТК с фокусным расстоянием 500 мм и 18 мм соответственно. Новые датчики звездной ориентации БОКЗ-2М имеют меньшую массу, энергопотребление, габариты. Они обладают большей точностью определения параметров ориентации и частотой обновления информации. Выбранные датчики установлены на места АД-1.

Было решено, в дальнейшем, в состав дипломной работы будут включены решения задач таких, как:

1. Создание алгоритма посадки с выбранными приборами.
2. Расчет основных технических параметров созданной СТЗ.
3. Определение методики выбора места посадки.
4. Выбор площадки и совершение посадки на астероид.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Метеоры и другие малые тела солнечной системы - <http://www.astronet.ru>
2. Аванесов, Г.А. Анализ современного состояния и перспектив развития приборов звездной ориентации семейства БОКЗ / Г.А. Аванесов // Современные проблемы ориентации и навигации космических аппаратов: сборник трудов / под ред. Г.А. Аванесова. М.: ИКИ РАН, 2015.- С. 6-20.
3. Чань, Даньхэ. Методика выбора посадочных параметров аппаратов, спускаемых на поверхность спутников планет, обладающих малым уровнем гравитации: дис.... канд. тех. наук / Даньхэ Чань. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. - 126 с.
4. Бортовые системы управления космическими аппаратами: учебное пособие / под ред. А. С. Сырова. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. –304 с.
5. Шатский, М.А. Бортовой комплекс управления платформы «НАВИГАТОР» / М.А. Шатский, Д.А. Добрынин // Вестник НПО имени С. А. Лавочкина. – 2015.- Вып. 3. - №3 (29). – С. 58-64.
6. Аванесов, Г. А. Телевизионные средства навигации и наблюдения проекта ФОБОС-ГРУНТ / Г.А. Аванесов, Б.С. Жуков, Краснопевцева Е.Б. // Космическое приборостроение. Координатно-временные системы с использованием космических технологий. Приборы для космических исследований Земли и планет: сб. науч. тр. / под ред. Р.Р. Закирова. - М.: ИКИ РАН, 2007.- С. 226-231.
7. Платформа аппарата. Proteus - <http://ecoruspace.me/>
8. Жуков, Б.С. Алгоритм автономного выбора места посадки КА «Фобос-Грунт» по телевизионным изображениям / Б.С. Жуков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сб. науч. тр. - М.: ИКИ РАН, 2011.- С. 281-288.
9. Кондратьева, Т.В. Формирование модельных стереоизображений Фобоса и их фотограмметрическая обработка в задачах припланетной навигации / Т.В. Кондратьева, А.В. Никитин // ИКИ РАН. Механика, управление и информатика. – 2009. – Вып. 1. - №1. – С. 251-267
10. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. ЮУрГУ 2008г. – 56 стр.

					ЮУрГУ–24.05.06.2017.294.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

11. СТО ЮУрГУ 22-2008 Основные положения подготовки, проведения и оценки защиты выпускной квалификационной работы студента. ЮУрГУ 2008г. – 34 стр.

12. Сетевые методы планирования и управления: Методические указания к дипломному проекту для студентов приборостроительного факультета/ Составители: В.С. Зинкевич, Л.А. Баев, Н.П. Мешковой. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 22с.

13. Организационно – экономический раздел дипломного проекта конструкторского направления: учебное пособие для студентов приборостроительного факультета/ Мешковой Н.П., Закиров Р.Ш., Зинкевич В.С., Попов Г.С.; Под ред. Н.П. Мешкового. – Челябинск: ЧГТУ, 1990. – 53с.

14. Охрана труда в радио- и электронной промышленности: Учебник для техникумов / С.П. Павлов, Л.С. Виноградов, Н.Ф. Крылова и др. – 2-е изд., – М.: Радио и связь, 2012 г. – 200 с.

15. SMOS. Proposal in answer to the Call for Earth Explorer Opportunity Missions - http://www.cesbio.u-ps-tlse.fr/data_all/SMOS-doc/Proposal.html

16. An Improved Adaptive Sliding Mode Control for Soft Landing on The Asteroid - <http://ieeexplore.ieee.org/document/7553878/>

17. Imaging Science Subsystem (ISS) - <https://saturn.jpl.nasa.gov/imaging-science-subsystem/>