**ПРОЕКТ МИССИИ
«НАЗВАНИЕ МИССИИ»**

ИТОГОВЫЙ ОТЧЁТ КОМАНДЫ <номер команды>

*Капитан команды* \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.

*Куратор команды* \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.

Москва, 2021

# Аннотация

В аннотации проекта объёмом не более 200 слов нужно изложить основные параметры и особенности предлагаемой миссии, в том числе научные цели, которые будут достигнуты при её реализации.

# Состав команды

Фамилия Имя Отчество (капитан) Физтех-школа, курс

Фамилия Имя Отчество ПРИМЕР: ФПМИ, 5-й курс

…

*Куратор команды* Фамилия Имя Отчество, аспирант МФТИ (или ИПМ)

# Общее описание миссии

Дата старта **??.??.20??**

Дата входа в систему Нептуна (r = 80 RN) **??.??.20??**

Дата завершения миссии (r = 1 RN) **??.??.20??**

Ракета-носитель **?**

Разгонный блок/верхняя ступень (при наличии) **?**

Полная начальная масса КА, кг **?**

Сухая масса КА, кг **?**

 в том числе масса полезной нагрузки, кг **?**

Количество этапов тура **?**

Общий объём переданных научных данных, Гбит **?**

Накопленная доза ионизирующего излучения, крад **?**

Исследованные небесные тела (в клеточках поставьте **Х** там, где нужно):

Нептун картографировано **\_\_\_\_\_\_\_ %**

 пролётов через магнитопаузу **\_\_\_\_\_\_\_**

 пролётов через хвост магнитосферы **\_\_\_\_\_\_\_**

Кольца картографировано кольца Адамса **\_\_\_\_\_\_\_ %**

 картографировано кольца Леверье **\_\_\_\_\_\_\_ %**

Тритон картографировано **\_\_\_\_\_\_\_ %**

 в т.ч. картографировано впервые **\_\_\_\_\_\_\_ %**

Другие луны **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** картографировано **\_\_\_\_\_\_\_ %**

 **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** картографировано **\_\_\_\_\_\_\_ %**

Планета(ы) **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

 (укажите через запятую другие планеты, у которых запланированы научные эксперименты)

Астероид(ы) **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

 (укажите через запятую те астероиды, пролёт которых запланирован в миссии)

# Облик космического аппарата

Представьте схематичное изображение космического аппарата (КА), иллюстрирующее основные аспекты его компоновки.

Масса аппарата, кг **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Габариты аппарата, в метрах **\_\_\_\_\_\_\_\_ х \_\_\_\_\_\_\_\_ х \_\_\_\_\_\_\_\_**

Главные моменты инерции, в кг\*м2 **\_\_\_\_\_\_\_\_ х \_\_\_\_\_\_\_\_ х \_\_\_\_\_\_\_\_**

Перечислите наиболее важные элементы служебной аппаратуры и укажите их основные параметры (если они указаны в условии конкурсной задачи, то просто перенесите эти данные оттуда).

## ПРИМЕР: Бортовая вычислительная машина (БВМ)

Укажите основные параметры БВМ: энергопотребление, тактовая частота и т.п.

…

## ПРИМЕР: Маршевая двигательная установка (МДУ)

Укажите основные параметры МДУ: тяга, удельный импульс, энергопотребление и т.п.

…

Обязательно укажите, какое количество радиоизотопных термоэлектрических генераторов и нагревательных блоков планируется поместить на борт (с обоснованием в виде формул, таблиц, графиков).

Укажите, какая степень радиационной защиты (в г/см2) предусматривается для электронных компонент КА. Если отдельные приборы требуют усиленной защиты, отметьте это, пояснив причину. Если функцию радиационного «щита» частично берут на себя элементы конструкции, укажите это.

Перечислите все научные приборы, которые планируется взять на борт КА. Перенесите из условия конкурсной задачи их основные характеристики.

## ПРИМЕР: Магнитометр

Масса (включая штангу) 5 кг, мощность 6 Вт, поток данных 2 кбит/с.

…

# Перелёт в систему Нептуна

Приведите маршрут и траекторию перелёта в систему Нептуна (в проекции на плоскость XY гелиоцентрической эклиптической системы координат; по каждой из осей отсчитывайте расстояния в астрономических единицах). На графике также отобразите пунктиром траектории движения всех планет во время перелёта, а маркерами отметьте положения планет в моменты старта и входа в систему Нептуна (для планет, у которых планируется осуществить промежуточный гравитационный манёвр, отметьте ещё и положения в эти моменты времени; аналогичное замечание относится и к попутно пролетаемым астероидам).

Затраты характеристической скорости, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Затраты рабочего тела (топлива), кг **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Накопленная доза ионизирующего излучения, крад **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Укажите параметры ракеты-носителя и верхней ступени/разгонного блока (если предусмотрено проектом), с помощью которых предлагается вывести КА на отлётную траекторию: график зависимости массы полезной нагрузки от гиперболического избытка скорости ($v\_{\infty }$) или характеристической энергии ($C\_{3}=v\_{\infty }^{2}$), размеры отсека под полезную нагрузку. Кроме того, укажите космодром, с которого планируется осуществить пуск ракеты.

Дата старта **??.??.20??**

$v\_{\infty } $при отлёте от Земли, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

$v\_{\infty }$ при подлёте к Нептуну, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Если в ходе перелёта планируется выполнение импульсных манёвров в глубоком космосе (deep-space maneuvers, DSM), укажите моменты приложения всех импульсов, их величины и направления.

Затраты характеристической скорости на DSM, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Если при перелёте совершались промежуточные гравитационные манёвры у планет, укажите основные сведения об этих событиях.

## Пролёт <название планеты> ??.??.20??

$v\_{\infty }$ при подлёте к планете, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Пролётное расстояние, км (радиусов планеты) **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Импульс в перицентре гиперболы, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Если в окрестности планеты запланировано проведение попутных научных экспериментов, кратко опишите их суть.

…

Если при перелёте в систему Нептуна аппарат совершает пролёт одного или нескольких астероидов (т.е. сближение на расстояние меньше 100 тыс. км), перечислите названия всех астероидов, даты их пролёта, а также обоснуйте особый научный интерес в их исследовании (если таковой имеется).

Приведите параметры режимов ориентации, которые будут задействованы в ходе перелёта. Если командой было проведено численное моделирование режимов, приведите его результаты.

Если команда получила аналитические или численные оценки навигационной неопределённости (оценки ковариационной матрицы ошибок) вектора состояния аппарата при входе в систему Нептуна, приведите их здесь.

По условию задачи, на коррекцию ошибок выведения КА и нацеливание при входе в систему Нептуна манёвры необходимо заложить 50 м/с характеристической скорости. Если команда решила снизить эту величину и оценить стоимость манёвров коррекции траектории (trajectory correction maneuvers, TCM) на базе анализа навигационных ошибок, приведите ваши оценки и их обоснование. Если в ходе перелёта совершаются гравитационные манёвры у планет, не забудьте добавить 10 м/с за каждый пролёт.

Затраты характеристической скорости на TCM, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

# Тур в системе Нептуна

Под моментом входа КА в систему Нептуна в конкурсной задаче понимается момент первого сближения на расстояние 80 радиусов от центра Нептуна.

Дата входа в систему Нептуна (r = 80 RN) **??.??.20??**

Величина относительной скорости КА в момент входа в систему отличается от гиперболического избытка скорости при подлёте к Нептуну.

Планетоцентрическая скорость КА при входе в систему, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Тормозящий импульс в перицентре пролётной гиперболы, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Тур КА в системе Нептуна, который начинается после выдачи тормозящего импульса, разбейте на этапы, отличающиеся друг от друга размером и/или формой рабочей орбиты, целями и составом научных измерений и т.п.

Прежде чем перейти к описанию отдельных этапов, отрисуйте траекторию всего тура в наиболее удобной с вашей точки зрения планетоцентрической системе координат (инерциальная/вращающаяся, синодическая/экваториальная/эклиптическая и т.п.). Участки траектории КА, отвечающие разным этапам, отобразите разными цветами. Избегайте ядовитых и недостаточно контрастных цветов! Расстояния отсчитывайте в радиусах Нептуна.

## Этап 1. Название этапа

Для каждого этапа укажите основные научные задачи, решаемые в его ходе, какие приборы планируется включать для получения научной информации и какой объём информации будет передан на Землю в течение этапа.

Дата начала этапа **??.??.20??**

Дата завершения этапа **??.??.20??**

Затраты характеристической скорости на манёвры, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Затраты рабочего тела (топлива), кг **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Накопленная доза ионизирующего излучения, крад **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Объём переданных в ходе этапа научных данных, Гбит **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Пиковое энергопотребление, Вт **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Для обоснования указанных числовых характеристик этапа вам нужно привести соответствующие формулы, графики, таблицы – результаты анализа и численного моделирования. Что касается графиков, их конкретный набор и вид определяется командой и оценивается конкурсным жюри. Сформулируем, однако, некоторые общие рекомендации.

* По оси Х зачастую удобно отложить время, пройденное с начала этапа.
* Для графиков с линиями нескольких типов обычно требуется разместить легенду, поясняющую, чему соответствует каждая из линий.
* В ряде случаев два графика удобно совместить на одном графике с двумя Y-осями.
* Подписи к осям должны всегда присутствовать и, кроме того, быть видны с расстояния 2-3 метра при развёртывании графика на весь экран компьютера. Не забывайте указывать единицы измерения величин!

Напоминаем, что к затратам характеристической скорости на орбитальные манёвры нужно добавить по 5 м/с на коррекцию траектории КА при каждом сближении с Тритоном (пролёт на высоте менее 900 км).

Не забудьте, что передача данных на Землю невозможна, если угол Солнце-Земля-КА составляет меньше 10 градусов (конфигурация «соединение»).

Приведите параметры режимов ориентации, которые будут задействованы в ходе этапа тура. Если команда провела численное моделирование какого-либо режима ориентации, приведите его результаты. Режимы ориентации, которые востребованы на большинстве или даже всех этапах тура, опишите один раз в преамбуле этого раздела (до описания отдельных этапов).

…

## Этап N. Grand finale – Вход в плотные слои атмосферы Нептуна

Завершение тура в планетной системе стало принято называть Grand finale, термином, означающим торжественный финал оперы или какого-либо другого представления. В конкурсной задаче тур должен заканчиваться входом в атмосферу Нептуна. Моментом завершения миссии считайте сближение с Нептуном на расстояние одного радиуса планеты.

Дата завершения миссии (r = 1 RN) **??.??.20??**

Радиальная скорость КА при r = 1 RN, км/с (должна быть < 0) **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Затраты характеристической скорости на деорбитинг, км/с **\_\_\_\_\_\_\_\_**

Затраты рабочего тела (топлива), кг **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**