

Тестовое задание для кандидата на должность разработчика в команду динамики отделения КА

Задача

Разработать программу для моделирования динамики отделения космического аппарата (КА) от ступени ракеты-носителя на низкой околоземной орбите. Отделение КА от ступени РН осуществляется с помощью пружинного толкателя. Программа должна определять положение и скорость КА и ступени РН в инерциальной системе координат (ЕСИ J2000), относительные расстояние и скорость между КА и ступенью РН. Из внешних сил и моментов, действующих на систему, учитывать только центральное гравитационное поле Земли. Все тела считать материальными точками. Воздействие пружинного толкателя должно моделироваться в виде временного закона силы (задание воздействия толкателя в виде мгновенного импульса или мгновенного приращения скорости не допускается).

Входные данные

- Параметры орбиты выведения:

- Большая полуось: 6700 км
- Эксцентриситет: 0.003
- Аргументperiцентра: 30°
- Долгота восходящего узла: -15°
- Наклонение: 80°
- Средняя аномалия: 0°

- Параметры пружинного толкателя (см. схему ниже):

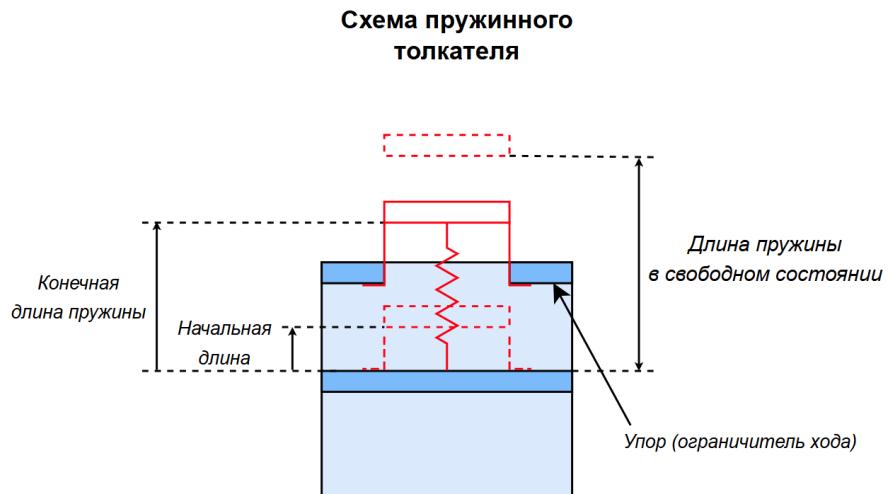
- Жёсткость пружины: 30 000 Н/м
- Длина пружины в недеформированном состоянии: 220 мм
- Начальная длина пружины: 110 мм
- Конечная длина пружины: 195 мм

- Направление отделения КА: по вектору начальной скорости

- Масса ступени РН: 3500 кг

- Масса КА: 3100 кг

- Время моделирования: 5 с (начальный момент соответствует выдаче команды на отделение и началу срабатывания пружинного толкателя)



Требования к программе

1. Функциональные требования

Программа должна:

- Принимать входные данные, указанные выше
- Вычислять и выводить в виде графиков следующие параметры:
 - Векторы положения (в метрах) и скорости (в м/с) центра масс ступени РН в инерциальной системе координат (ECI J2000)
 - Векторы положения (в метрах) и скорости (в м/с) центра масс КА в инерциальной системе координат (ECI J2000)
 - Относительное расстояние между КА и ступенью РН, м
 - Относительную скорость между КА и ступенью РН, м/с
 - Силу пружинного толкателя, Н
- Выводить график с 3D-траекториями рассматриваемых тел
- Сохранять указанные выше параметры в виде .csv файла, где первый столбец соответствует времени в секундах с шагом не более 0.01 секунды, остальные столбцы соответствуют указанным параметрам и их порядку

2. Технические требования

- Язык реализации: MATLAB / Simulink / Simscape Multibody / Python
- Программа должна обладать достаточным быстродействием - расчёт должен выполняться не более чем за 10 секунд на вычислительной системе автора программы при использовании входных данных, указанных выше
- Итоговое решение должно быть размещено в отдельном репозитории на GitHub

- Репозиторий должен содержать:

- Исходный код программы
 - Инструкцию по запуску (README.md)
 - Полученные графики (в формате .jpg или .png)
 - Файл с результатами моделирования (.csv)
 - Файлы документации (PDF или .md)
 - При необходимости - дополнительные материалы (тесты, скрипты, изображения)
- Код должен быть организован в директории (например, src/, tests/, docs/), отражающие его архитектуру или функциональные модули
- Работа должна быть разбита на серию атомарных коммитов, каждый из которых представляет собой законченное, логически обособленное изменение
 - Проект должен собираться автоматизированно, без необходимости ручной установки зависимостей
 - Все зависимости должны быть указаны в соответствующем менеджере пакетов (например, для Python-проекта в файле pyproject.toml)
 - После клонирования репозитория пользователю должно быть достаточно выполнить одну команду, чтобы полностью подготовить окружение (например, для Python-проекта 'poetry install')
 - Код должен быть оформлен в соответствии со стандартом языка (например, для Python это PEP 8)
 - Логика решения задачи должна быть задокументирована в виде отдельного описательного материала (файл в формате PDF или Markdown). Документация должна содержать описание физической модели, обоснование используемых численных методов, описание структуры программной реализации. Допускается использование схем и картинок.
 - Функции/методы должны быть задокументированы, в частности, для входных и выходных переменных должна быть описана их физическая сущность и единица измерения. Комментарии должны пояснить нетривиальные участки алгоритмов и не дублировать очевидные операции.
 - Приветствуются тесты для проверки корректности ключевых модулей

Примечания

- Разрешено использование любых математических библиотек
- Кандидат должен быть готов объяснить выбранные подходы к решению задачи

Пример структуры программы (псевдокод)

```
// Входные данные
sim_input.lv_mass = 3500
sim_input.sc_mass = 3100
...
// Расчёт
sim_output = run_simulation(sim_input)
// Вывод результата
process_result(sim_output)
```

Критерии оценки

1. Корректность математических расчетов
2. Полнота учёта физических факторов
3. Выполнение требований по оформлению задания
4. Качество и читаемость кода
5. Наличие и качество документации и тестов