

УДК 004.42

Макаренко Илья Дмитриевич, магистрант
ФГБОУ ВО «Амурский Государственный Университет»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ МНОГОРАЗОВОЙ РАКЕТЫ

Аннотация. Имитационная модель играет важную роль в проектировании и тестировании новых конструкций, позволяя инженерам и исследователям оценивать эффективность и безопасность летательных аппаратов на различных этапах их разработки. Автоматизация расчётов аэродинамических характеристик значительно сокращает время, необходимое для проведения анализа, и повышает точность получаемых данных.

Ключевые слова: Автоматизация расчётов, летательный аппарат, 3D-визуализация, имитационная модель, предмет исследования, объект исследования.

Предметом исследования является автоматизация расчёта аэродинамических характеристик многоразовой ракеты – это процесс использования вычислительных методов, алгоритмов и специализированного ПО для быстрого и точного определения параметров обтекания ракеты на всех этапах полёта (включая взлёт, маневрирование и посадку) без необходимости ручных вычислений или масштабных физических испытаний.

Объектом исследования является процесс посадки многоразовой ракеты – это последовательность управляемых манёвров, направленных на безопасное возвращение всей ракеты на Землю с возможностью повторного использования. В отличие от одноразовых систем, здесь критически важны **точное управление, аэродинамическая стабилизация и минимизация нагрузок**. Прежде чем рассматривать процесс посадки, нужно также рассмотреть процесс взлета летательного аппарата.



Рис. 1



- 1 – Предпусковые операции, запуск двигателя, старт, уборка амортизаторов;
- 2 – Активный участок, работа маршевого двигателя, коррекции траектории выведения;
- 3 – Пассивный стабилизированный полет до апогея переходной орбиты;
- 4 – Закрепление на низкой околоземной орбите двигателями орбитального маневрирования;
- 5 – Операции по проверке ПН, выведению ПН из отсека, отделению от носителя;
- 6 – Самостоятельный полет ПН (переход на рабочую орбиту);
- 7 – Предпусковые операции, торможение, сход с орбиты;
- 8 – Разворот в положение входа в атмосферу;
- 9 – Прохождение плотных слоев атмосферы;
- 10 – Коррекция траектории, ближнее наведение, маневрирование;
- 11 – Запуск маршевого двигателя в режиме посадки, выпуск амортизаторов, посадка.

Если начать говорить об имитационном моделировании в аэродинамике и визуализации, то можно предположить об использовании структурной схемы математического обеспечения, а также вычислительного устройства и создание 3D графики в ПО Unity для создания соответствующей программы.

Имитационная модель служит средством для анализа поведения системы, которые определяются экспериментатором. Следовательно, имитационное моделирование является экспериментальной и прикладной методологией, которая имеет следующие цели:

- описание поведения имитационной модели;
- построение гипотезы и теории, которые объясняют наблюдаемое поведение;
- использование результатов расчётов для предсказания будущего поведения системы.

Чтобы выбрать метод моделирования нужно тщательно изучить моделируемую систему и цели моделирования. В нашем случае будем исследовать ракету космического назначения с массой 300 тонн. Ракета совершает вход в атмосферу, где потом переходит в вертикальное положение и совершает посадку с использованием двигателя и решетчатых аэродинамических рулей, приземляясь на четыре амортизатора.

Выбор методов моделирования

Существует 3 метода моделирования:

- системная динамика;
- дискретно-событийное моделирование;
- агентное моделирование.

Все три метода применяются в некотором диапазоне уровней абстракции. Системная динамика применяется для стратегического моделирования. Дискретно-событийное моделирование поддерживает низкий и средний уровни абстракции.

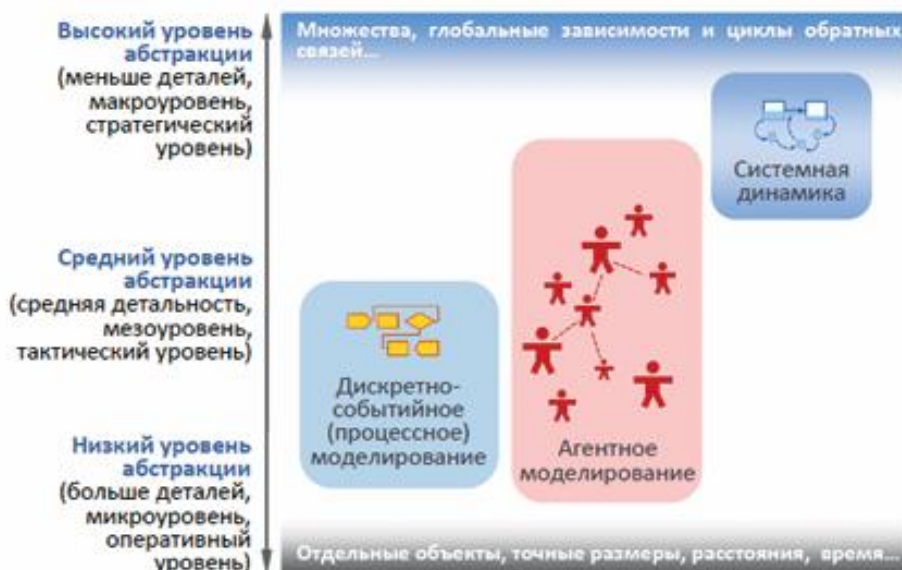


Рис. 2

Список литературы:

1. А.В. Вавилин. Многоцветная одноступенчатая ракета-носитель Корона как автоматическое средство выведения / А.В. Вавилин, В.Г. Дегтярь, С.А. Маханьков, С.Ф. Молчанов. – 2017. С. 118-131. – EDN: YNKWMB. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32364962> (дата обращения 23.09.2025)
2. Эльберг, М. С. Имитационное моделирование: учеб. пособие / М. С. Эльберг, Н. С. Цыганков. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 128 с.
3. Харрисон Ф. Изучаем C# через разработку игр на Unity. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2025. – 400 с. – ISBN 978-5-4461-2932-4

