



Интеллектуальная система проектирования композитной защиты космических аппаратов

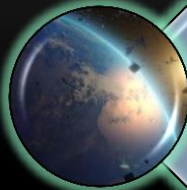
Исполнители:

Ли Владислав, Батищев Богдан - учащиеся 10 класса Специализированной гимназии №8 с обучением на трех языках им.М.Х.Дулати

Научный руководитель:

Грязнов Юрий Петрович - учитель физики

ВЫЗОВЫ ИНДУСТРИИ NEW SPACE



Угроза:

- На орбите >128 млн фрагментов космического мусора (данные ESA).



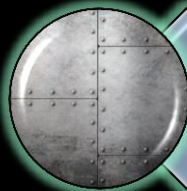
Синдром Кесслера:

- Риск цепной реакции столкновений, делающий космос непригодным для полетов.



Физика:

- Скорость удара 7–15 км/с. Энергия микрочастицы равна выстрелу пули.



Главная проблема:

- Существующая защита слишком тяжелая и дорогая.

ПОЧЕМУ СТАРЫЕ РЕШЕНИЯ НЕ РАБОТАЮТ?



СМЕНА ПАРАДИГМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Идея:

Переход от
гомогенных
металлов к
«умным»
композитам

Инструмент:

Искусственный
Интеллект
(Expert System)
вместо ручных
расчетов

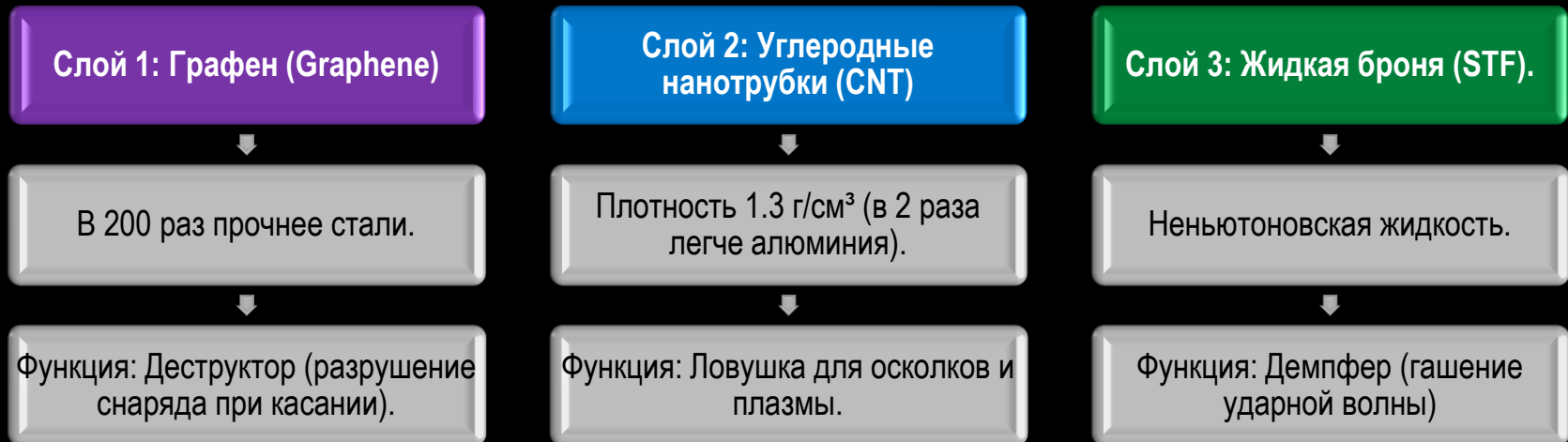
Цель:

Снижение
массы защиты
на 40–50% без
потери
прочности

Результат:

Автоматическая
генерация
оптимальной
структуры под
конкретную
миссию

ТРЕХСЛОЙНАЯ АДАПТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА



КАК МЫСЛИТ АЛГОРИТМ?

Тип ИИ: Эвристическая экспертная система (не «черный ящик»).

Логика оптимизации (Feedback Loop):

- *Гиперзвук (>5 км/с)?* → Усилить Графен (разрушение).
- *Много осколков?* → Усилить Нанотрубки (поглощение).
- *Ударная волна?* → Усилить STF (вязкость).

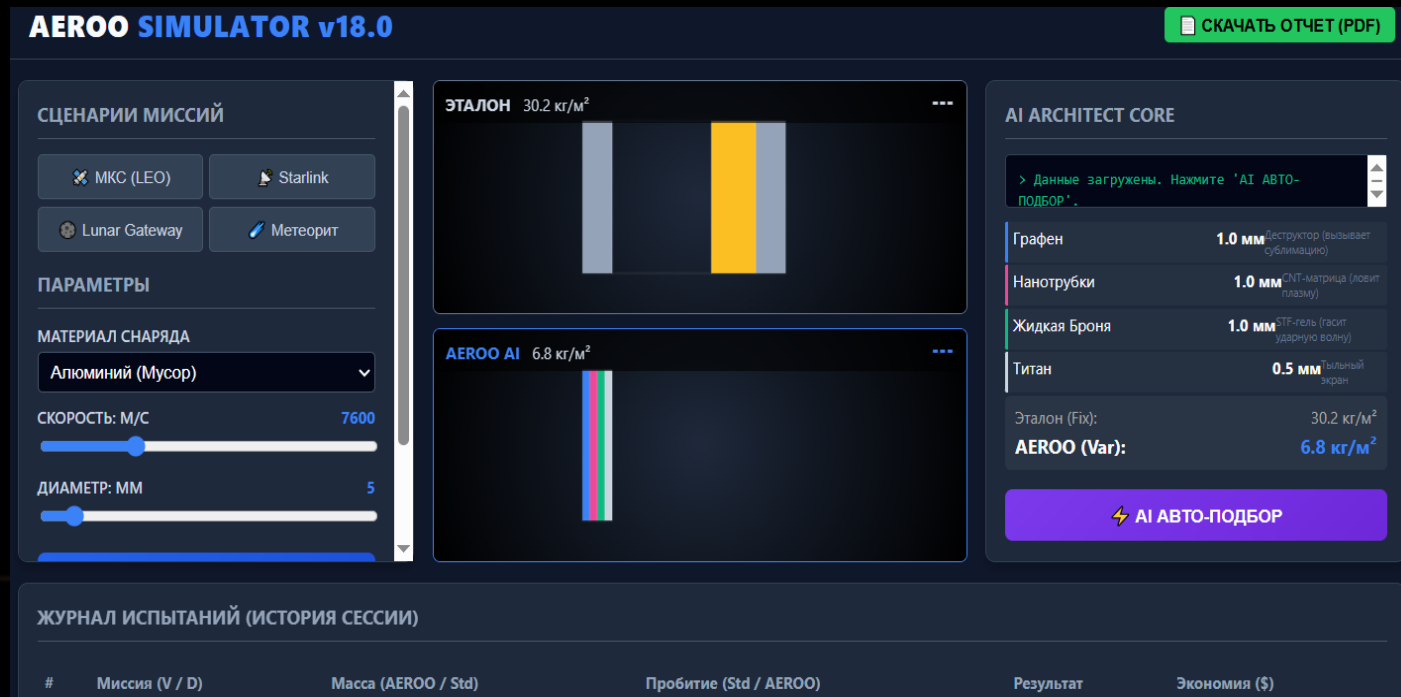
Скорость: Подбор конфигурации за секунды вместо недель лабораторных тестов.

AEROO SIMULATOR V18.0

Платформа: Веб-приложение (JavaScript, HTML5 Canvas).

Функционал:

- Выбор миссии (МКС, Starlink, Луна).
- Визуализация физики удара в реальном времени.
- Автоматический расчет экономической выгоды.



НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

- **Гидродинамическая теория:** При скоростях **>7 км/с** металлы ведут себя как жидкость.
- **Модель Тейта-Алексеевского:** Глубина проникновения зависит от **плотности**, а не твердости.
- **Фазовые переходы:** Учет мгновенного **испарения** снаряда (превращение в плазму) при контакте с графеном.

ЗАЩИТА ОТ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Угроза: **Алюминиевый фрагмент, 7 600 м/с.**

Эксперимент №1: МКС (LEO)

Решение ИИ: Акцент на вязкость (STF).

Результат:

- Масса эталона: **30.2 кг/м²**.
- Масса AEROO: **12.4 кг/м²**.

Эффективность: **Снижение веса на 59%**



СРЕДНЯЯ ОРБИТА И СОЗВЕЗДИЯ СПУТНИКОВ

Угроза: **Стальной осколок, 11 000 м/с.**

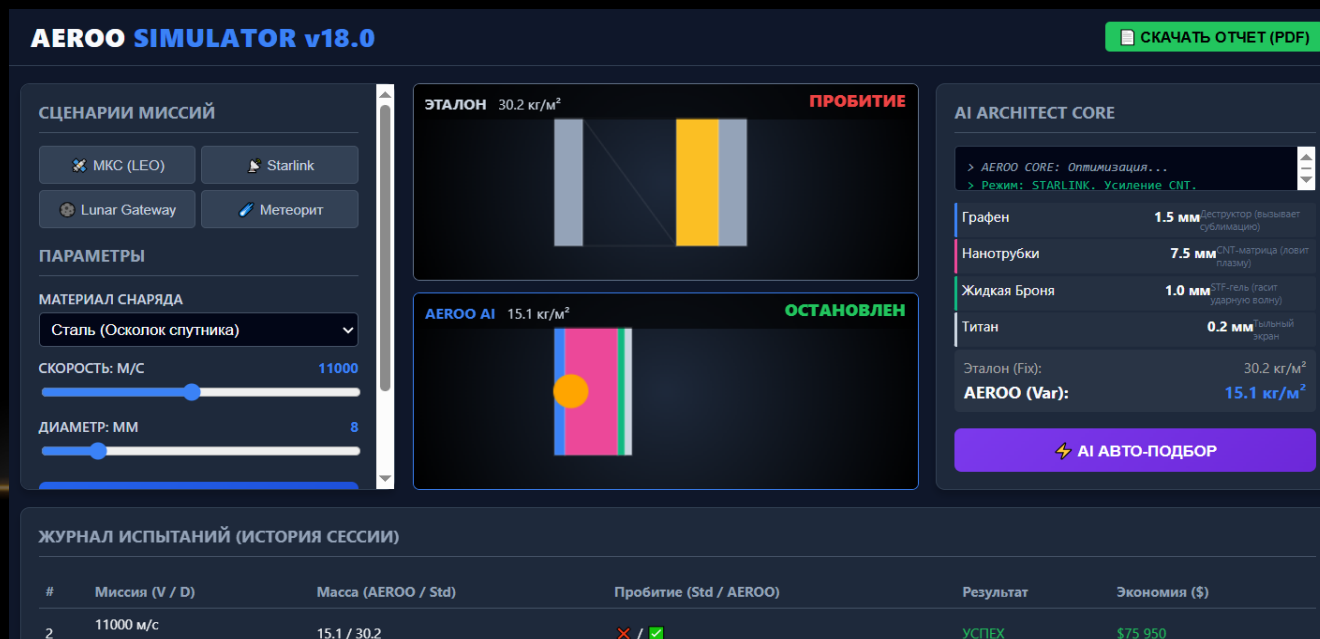
Эксперимент №2: Starlink

Сложность: Высокая кинетическая энергия стали.

Решение ИИ: Усиление слоя нанотрубок (CNT) до 7,5 мм для улавливания осколков.

Результат:

- Эталон: **Пробит насквозь.**
- AEROO: **Остановлен (Масса 15.2 кг/м²).**



ЗАЩИТА СТАНЦИИ GATEWAY

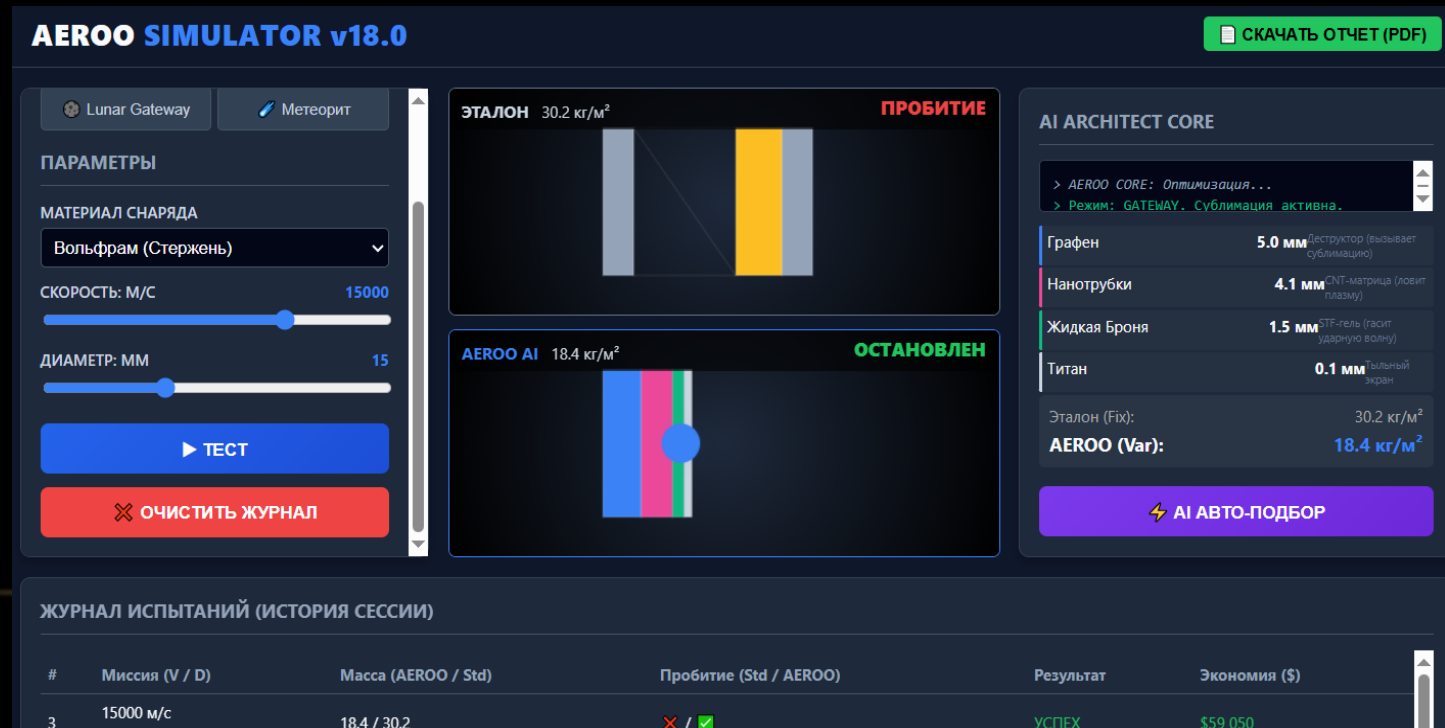
Угроза: Вольфрам / Метеорит, 15 000 м/с.

Эксперимент №3: Лунная программа

Решение ИИ: Графен как тепловой щит (испарение снаряда).

Результат:

- Масса AEROO: **18.4 кг/м²**.
- Экономия массы: **39%** по сравнению с эталоном.



СРАВНЕНИЕ С ЭТАЛОНОМ (WHIPPLE SHIELD)

Параметр	Эталон (Уиппл)	AEROO (МКС)	AEROO (Starlink)	AEROO (Луна)
Материал	Al / Kevlar	Composite	Composite	Composite
Масса/Площадь (кг/м²)	30,2	12,4	15,2	18,4
Стойкость	Средняя	Высокая	Высокая	Максимальная
Статус	Пассивная	Адаптивная	Адаптивная	Адаптивная

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЙ (ИСТОРИЯ СЕССИИ)

#	Миссия (V / D)	Масса (AEROO / Std)	Пробитие (Std / AEROO)
3	15000 м/с Tungsten	18.4 / 30.2	✗ / ✓
2	11000 м/с Steel	15.1 / 30.2	✗ / ✓
1	7600 м/с Debris	12.4 / 30.2	✗ / ✓

СКОЛЬКО МЫ ЭКОНОМИМ?

Базовая метрика: **Launch Cost = \$5,000 / кг** .

Расчет для 1 спутника (20 м²):

- Разница в весе: ~**15 кг** с каждого м².
- Общая экономия веса: **300 кг**.

Итоговая выгода: **\$1,490,000** с запуска одного аппарата.

- Для группировки Starlink экономия исчисляется миллиардами.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ B2B

Продукт: Лицензия на ПО AEROO Architect (SaaS).

Клиенты: Частные аэрокосмические компании (SpaceX, Blue Origin) и агентства.

Масштабирование: Технология применима для защиты скафандров, жилых модулей и спускаемых капсул.

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

1. **MVP готов:** Симулятор работает и доказывает физическую модель.
2. **Гипотеза подтверждена:** Достигнуто снижение массы на 49%.
3. **Статус:** Проект готов к лабораторным тестам материалов.

AEROO NeuroShield: Делаем космос легче и безопаснее.

