

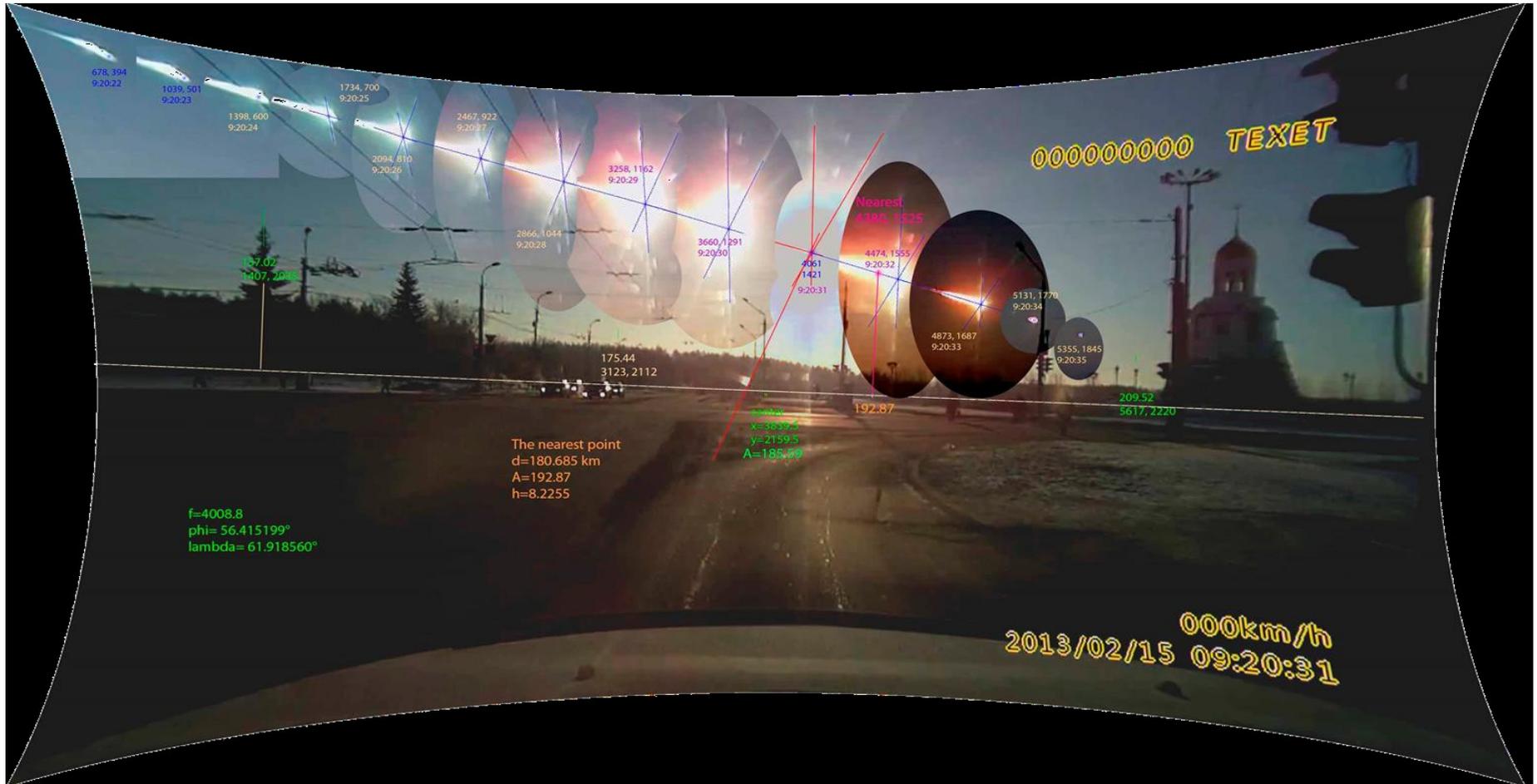
К ИЗУЧЕНИЮ ПЛАНЕТОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АСТЕРОИДОВ И ЯДЕР КОМЕТ

*Вадим Александрович Симоненко², А. В. Зайцев¹,
Д. В. Петров², В. Н. Ногин², В. П. Елсуков²,
Д. А. Краснослободцев², А. И. Сорока³*

1. Некоммерческое партнерство «Центр планетарной защиты», Химки, Россия
2. Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИ технической физики
им. академика Е. И. Забабахина, Снежинск, Россия
3. АО «Пространственные системы информации», Москва, Россия

Вводные замечания

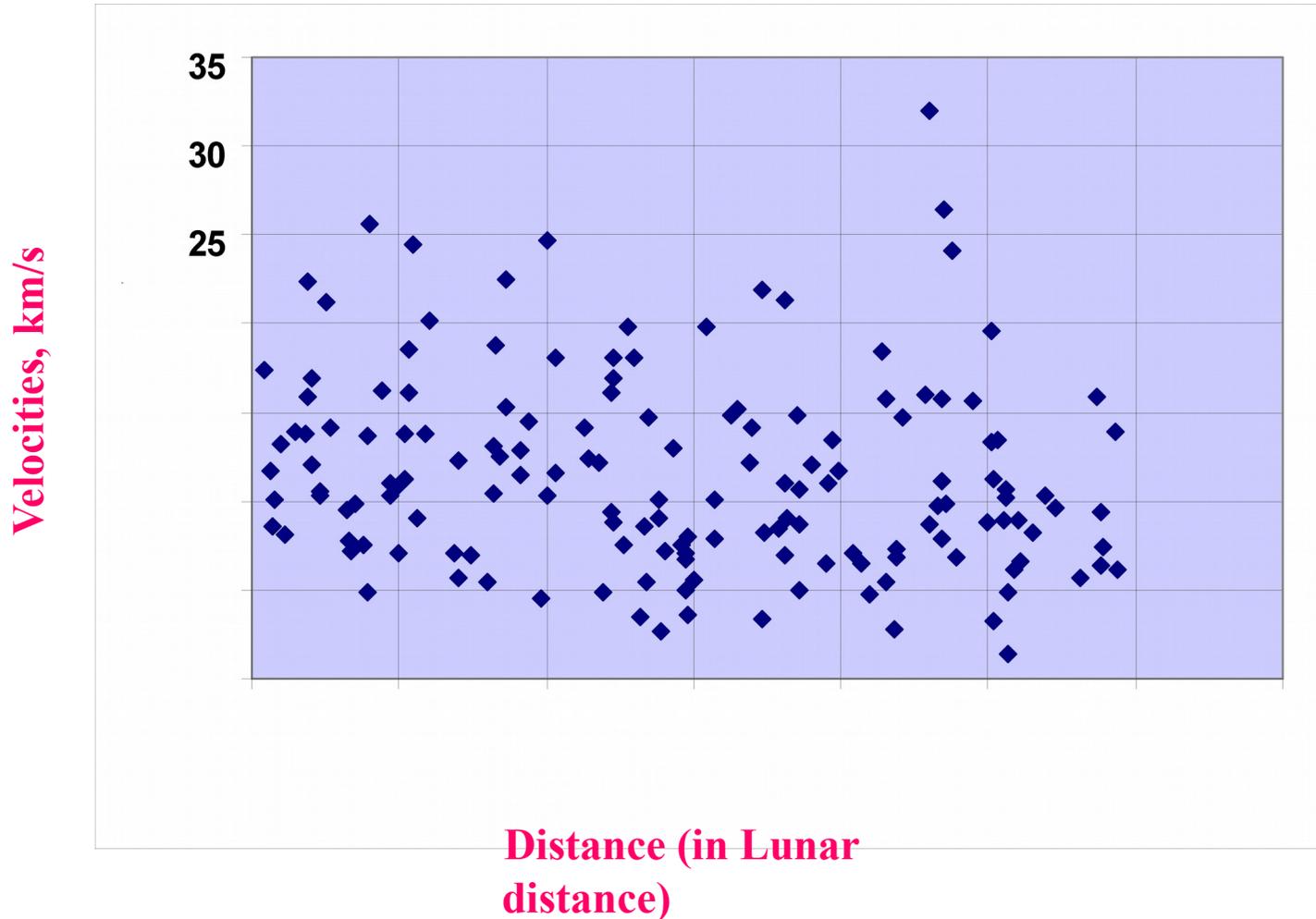
- 1.Свойства ОКО привлекают внимание исследователей с первых обсуждений опасности и предотвращения космических столкновений (для нас – с конца 1980-х гг.).
- 2.К настоящему времени накоплен богатый (хотя далеко неполный) наблюдательный и экспериментальный материал, поэтому мы считаем необходимым с новых позиций подойти к этому вопросу.
- 3.Особый импульс новым обсуждениям придает осмысливание процессов, сопровождающих падение Челябинского метеоритного тела.
- 4.Если в ранних представлениях граница опасности предполагалась на уровне характерных размеров 100м для каменных тел, то анализ Челябинского падения побуждает перенести её на уровень 20 м.
- 5.А с другой стороны пролёты таких тел в окрестности Земли являются частыми событиями. Помимо опасности они позволяют получать ценную информацию о свойствах тел и испытывать средства космической навигации.



Данные наблюдений и космическая навигация

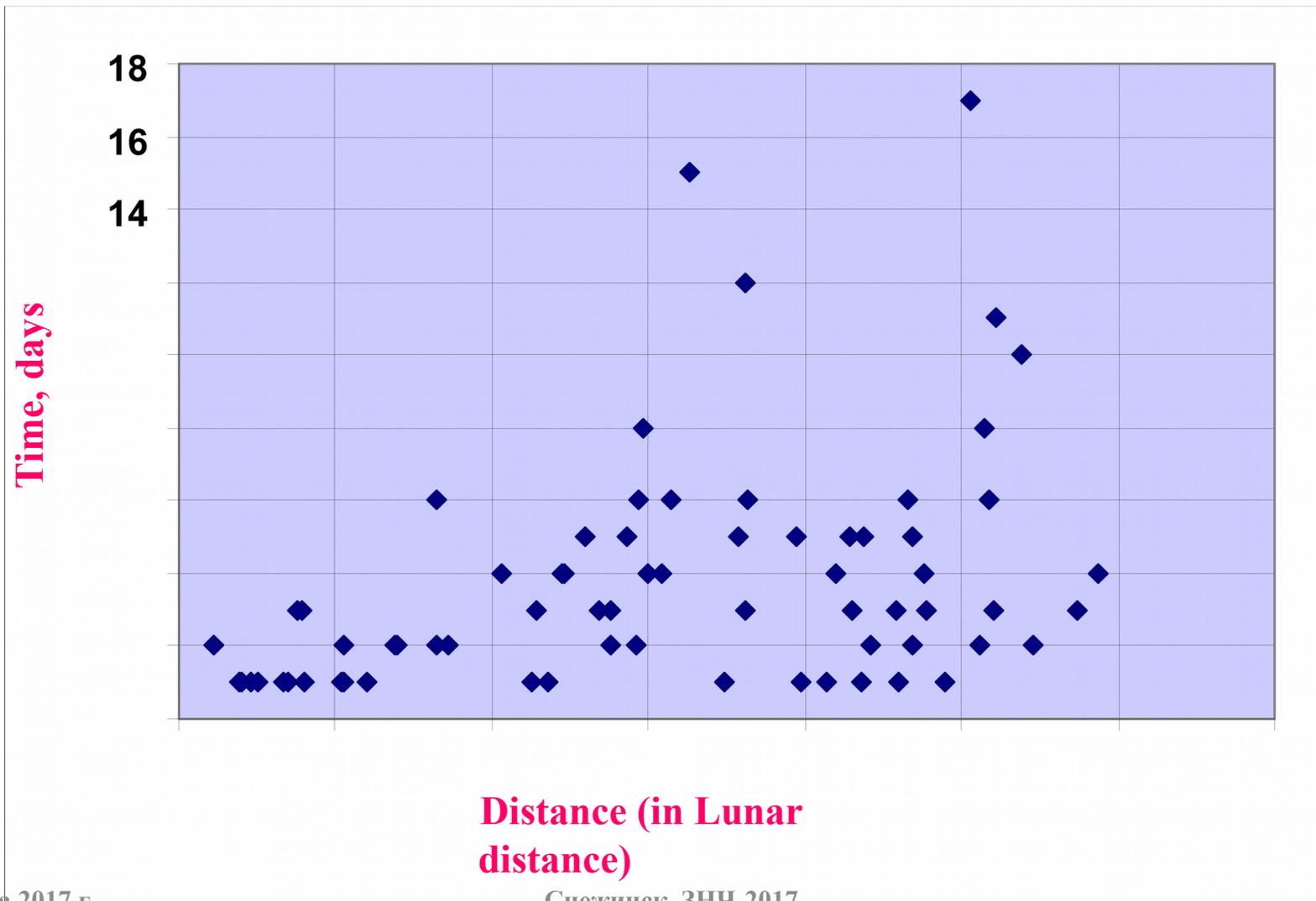
Скорости пролета АСЗ в сфере притяжения Земли в 2016 году

Fly-by velocities of NEAs in gravitation sphere of the Earth in 2016



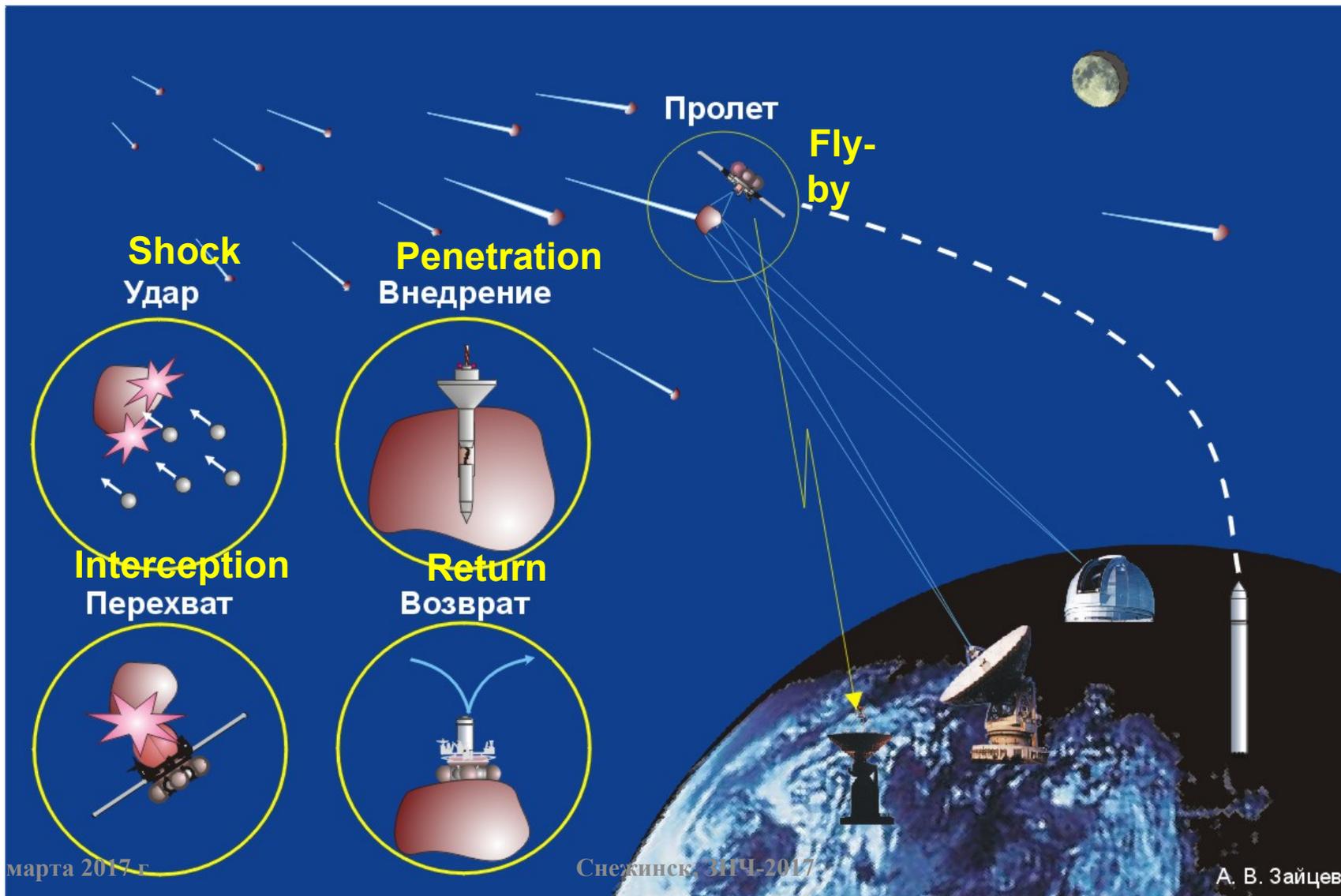
Время от обнаружения АСЗ до сближения с Землей

Time from detection of NEAs before their approach to the Earth

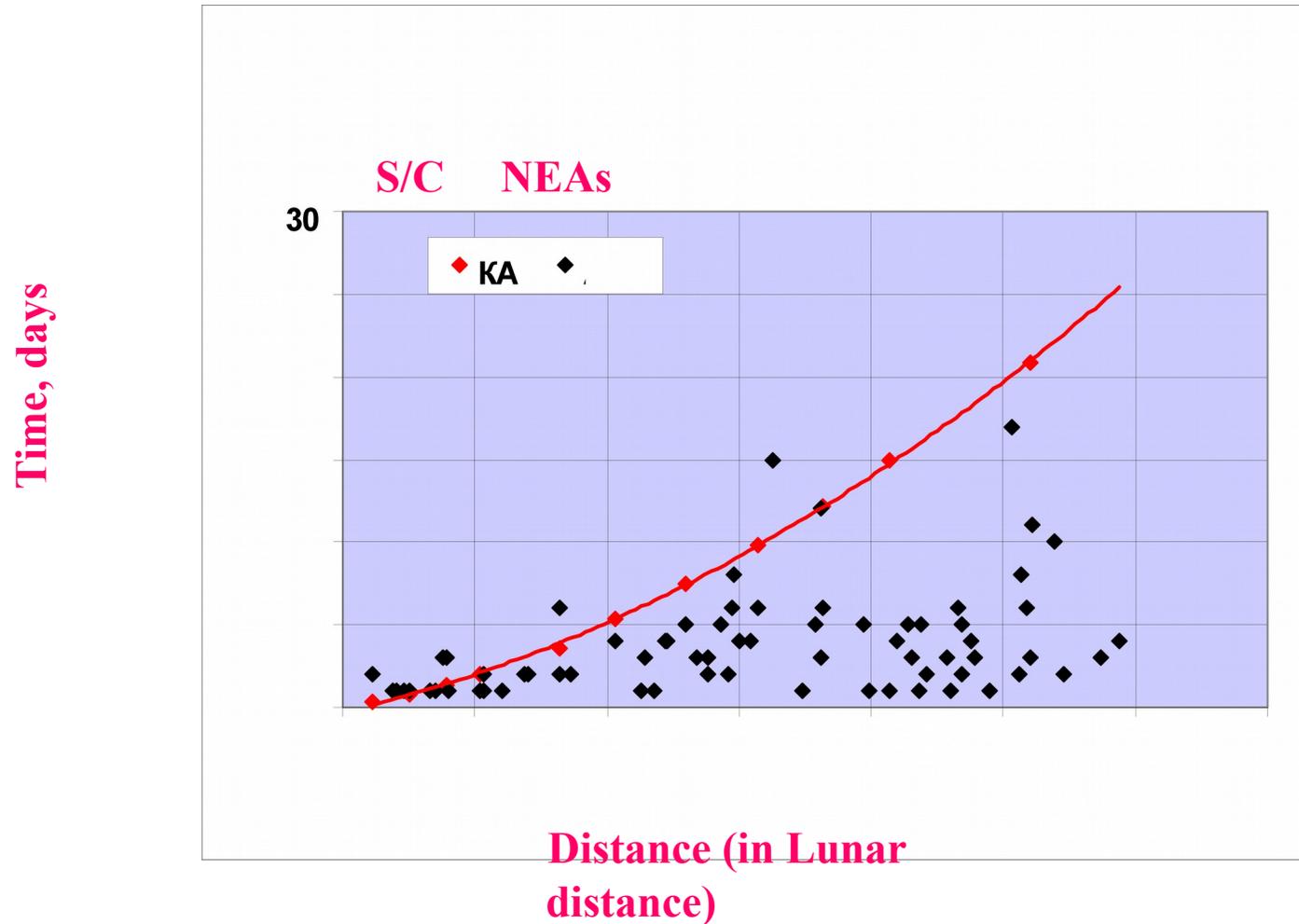


Демонстрационный эксперимент «Космический патруль»

Demonstrational experiment «Space Patrol»

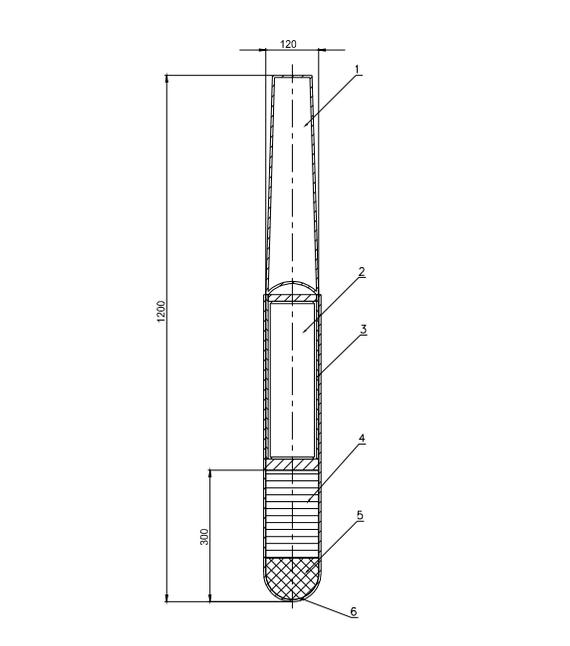
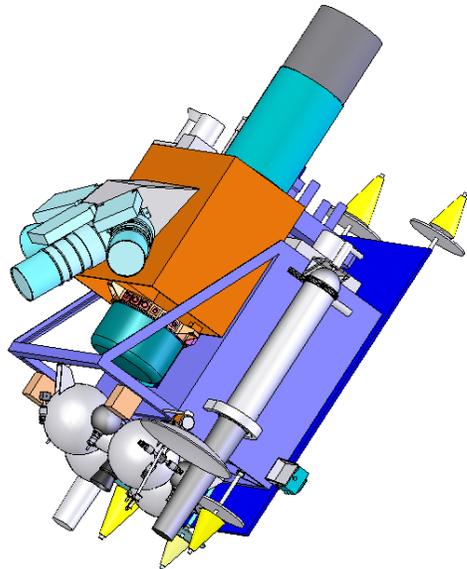


Время подлета АСЗ и перелета к ним КА Time of approach NEAs and S/C flight to them



КА-разведчик с пенетраторами

S/C-reconnaissance with penetrators



Масса КА - 262 кг
включая:
КНА - 48 кг
2 пенетратора - 30 кг

- 1 - Хвостовая часть
- 2 - Научно-служебная аппаратура
- 3 - Корпус
- 4 - Амортизатор
- 5 - Теплозащита
- 6 - Носовая часть

Прототипы пенетраторов

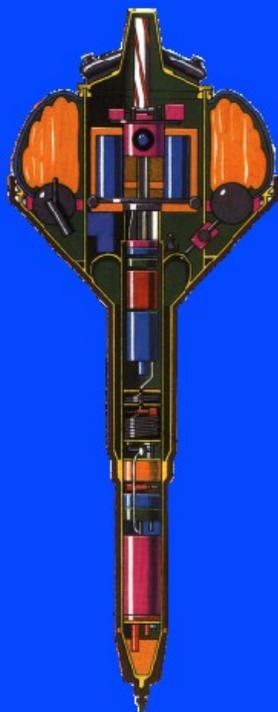
Prototypes of the penetrators

Low-Speed penetrators

Низкоскоростные пенетраторы

Масса - 115 кг
Масса КНА - 5 кг
Скорость внедрения - 80 м/с

Масса - 250 кг
Масса пенетратора - 30 кг
Масса КНА - 4 кг

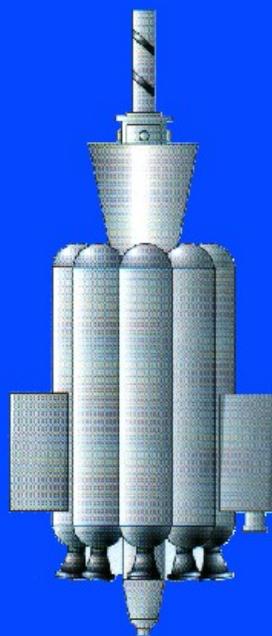


“Марс-96”

High-Speed penetrator

Высокоскоростной пенетратор

Масса - 15 кг
Масса КНА - 1,7 кг
Скорость внедрения - 2 600 м/с



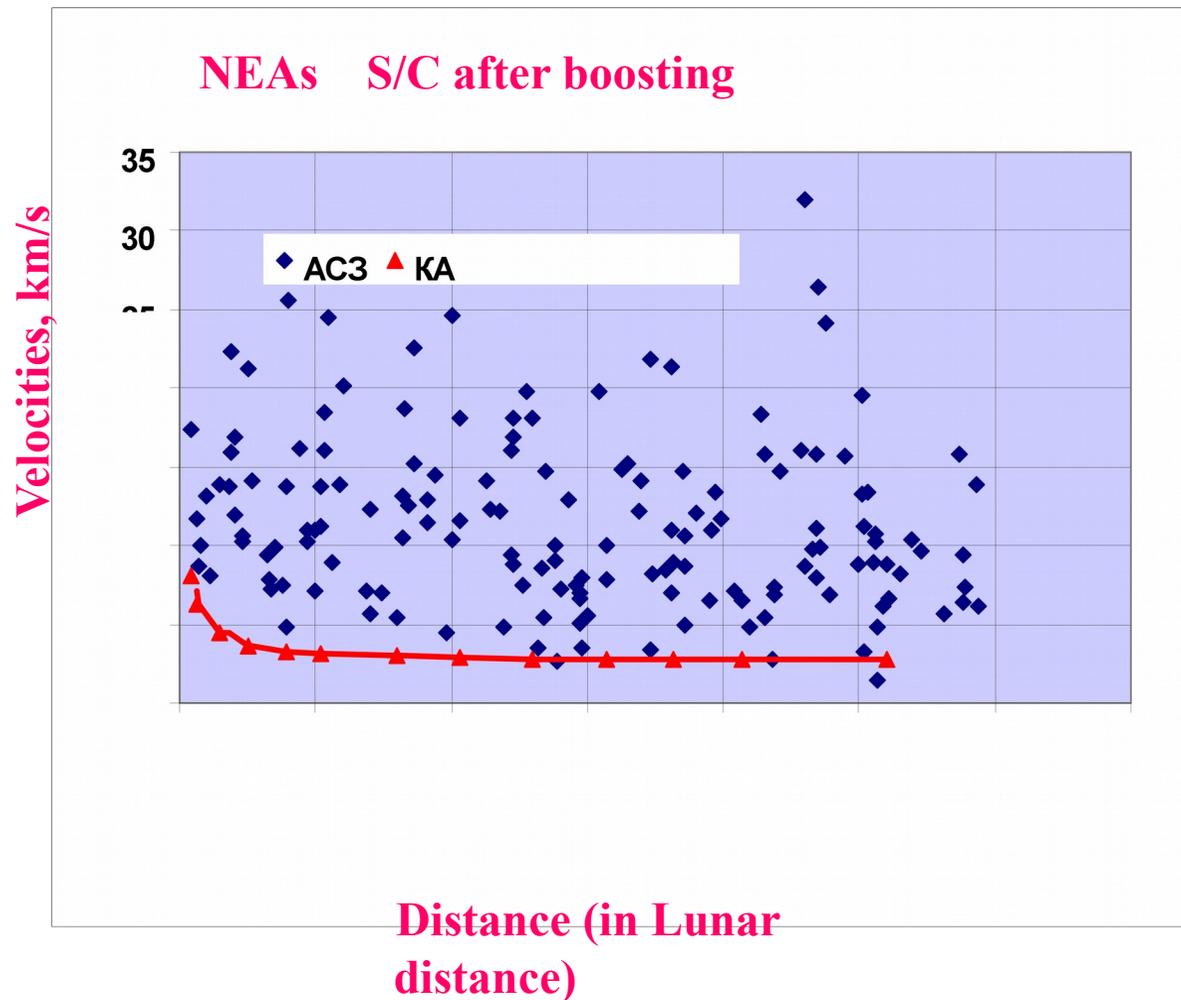
Снежинск, ЗНЧ-2017

“Луна-Глоб”

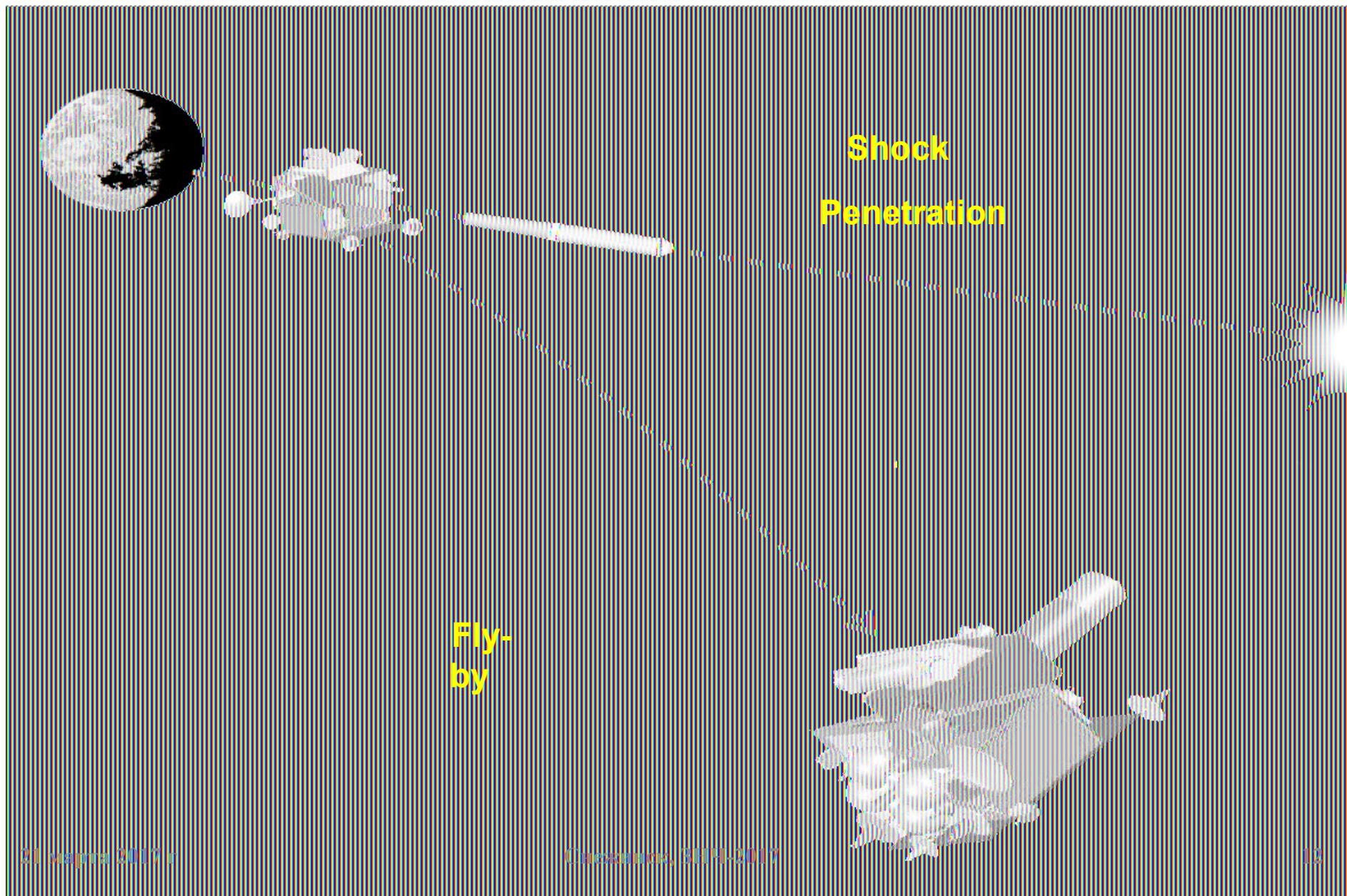


Скорости КА-разведчика и АСЗ

Velocities of the S/C-reconnaissance and NEAs



Эксперименты «Удар» («Внедрение») и «Пролет»
«Impact» («Penetration») and «Fly-by» experiments



Исследования свойств объектов и отработка средств кинетического воздействия

Прибор для измерения гравитации

Gravitation measuring tool



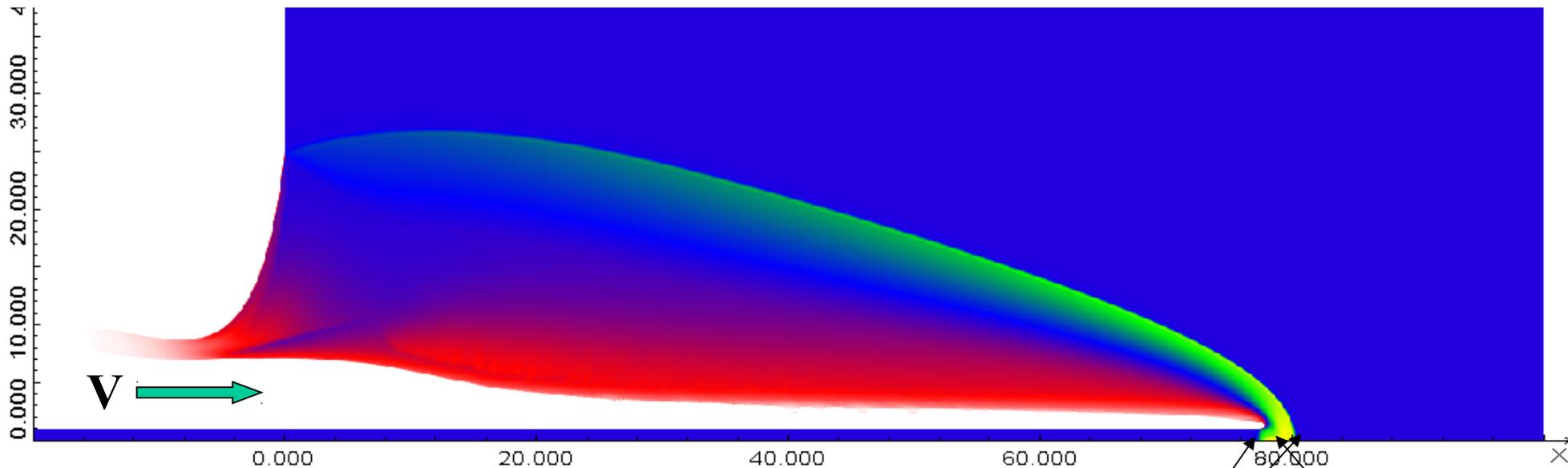
Mass: 4 kg

Power: 30 W

Range : 50-100 km

Accuracy: 0,001-0,0001 E

Стационарное сверхзвуковое проникание



Скорость ударника V

Скорость проникания

Скорость УВ $D=U$

$$U = \frac{\mu}{1 + \mu} V$$

УВ

КГ

$$\mu = \sqrt{\frac{\rho_c \left(2 - \frac{1}{\delta_c} \right)}{\rho_n \left(2 - \frac{1}{\delta_n} \right)}}$$

*В.П.Елсуков, В.Н.Ногин, М.Ю.Науменко, В.А.Симоненко, В.Л.Сорокин
IX ЗНЧ (2007)*

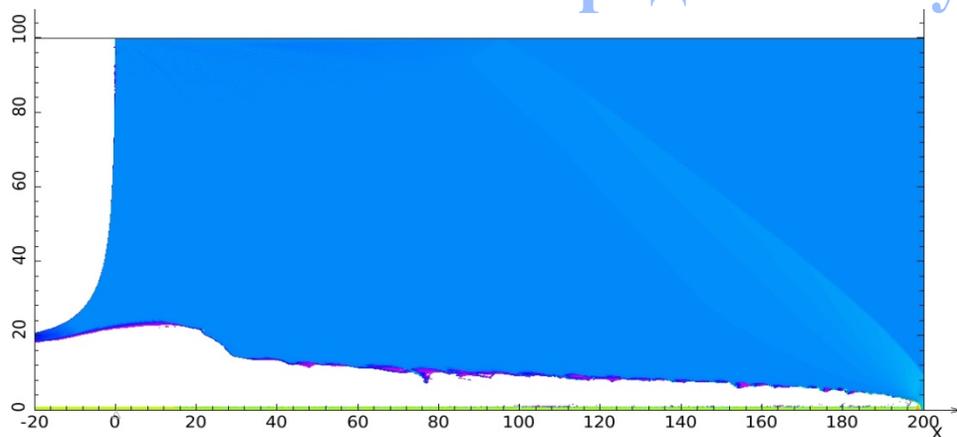
Численное моделирование

Задача: оценка состояния каверны и возможного воздействия грунта на целостность проникателя

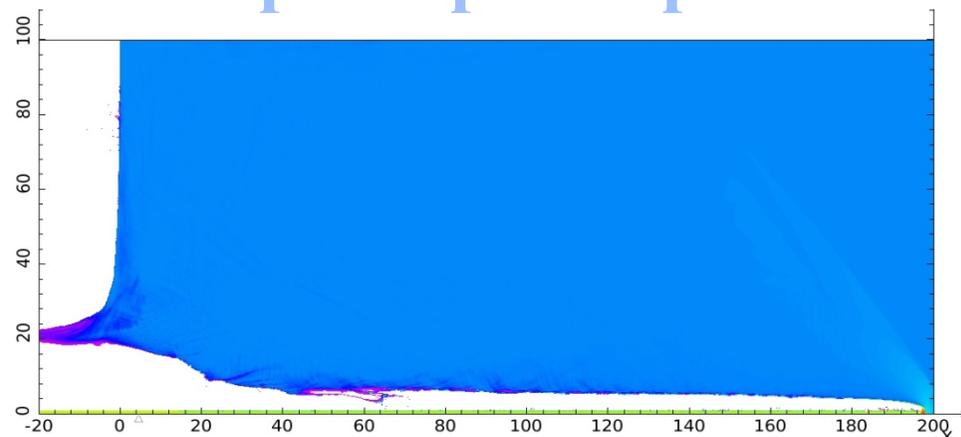
Постановка расчетов

- Двумерный комплекс МЕЧ
- Стержень радиусом $R=1\text{см}$ и длиной $L=100\text{см}$
- Скорость стержня $V=10\text{км/сек}$
- Вещество стержня – сталь (плотность 7.8г/см^3)
- Плотность грунта 2.65г/см^3 (гранит)
- Уравнения состояния веществ типа Ми-Грюнайзена с параметрами, подобранными по экспериментальным данным
- Варьировался предел текучести и откольная прочность грунта

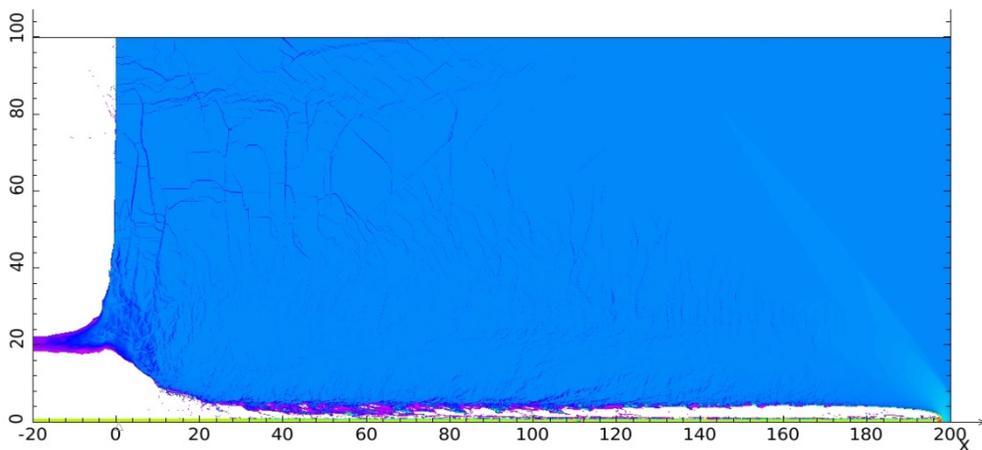
Влияние предела текучести на размер каверны



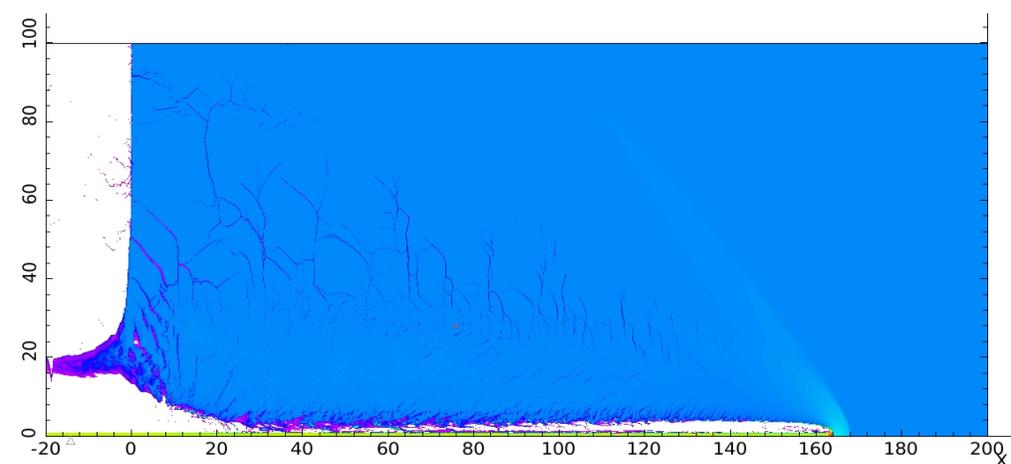
$Y = 0$ (без УП), $R_{кр} = -0.015$, $t = 320$ мкс



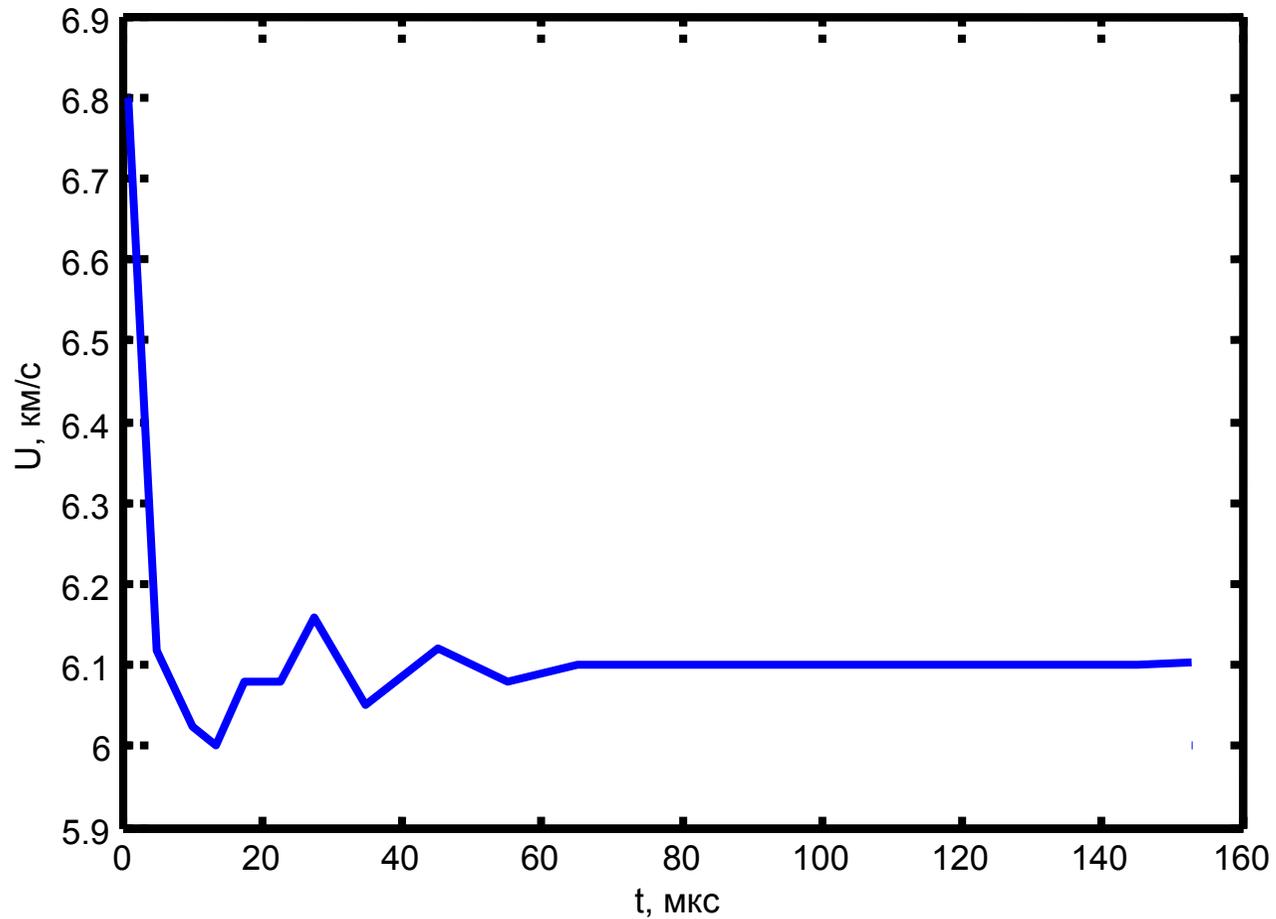
$Y = 2$, $R_{кр} = -0.015$, $t = 320$ мкс



$Y = 2$, $R_{кр} = -0.2$, $t = 320$ мкс



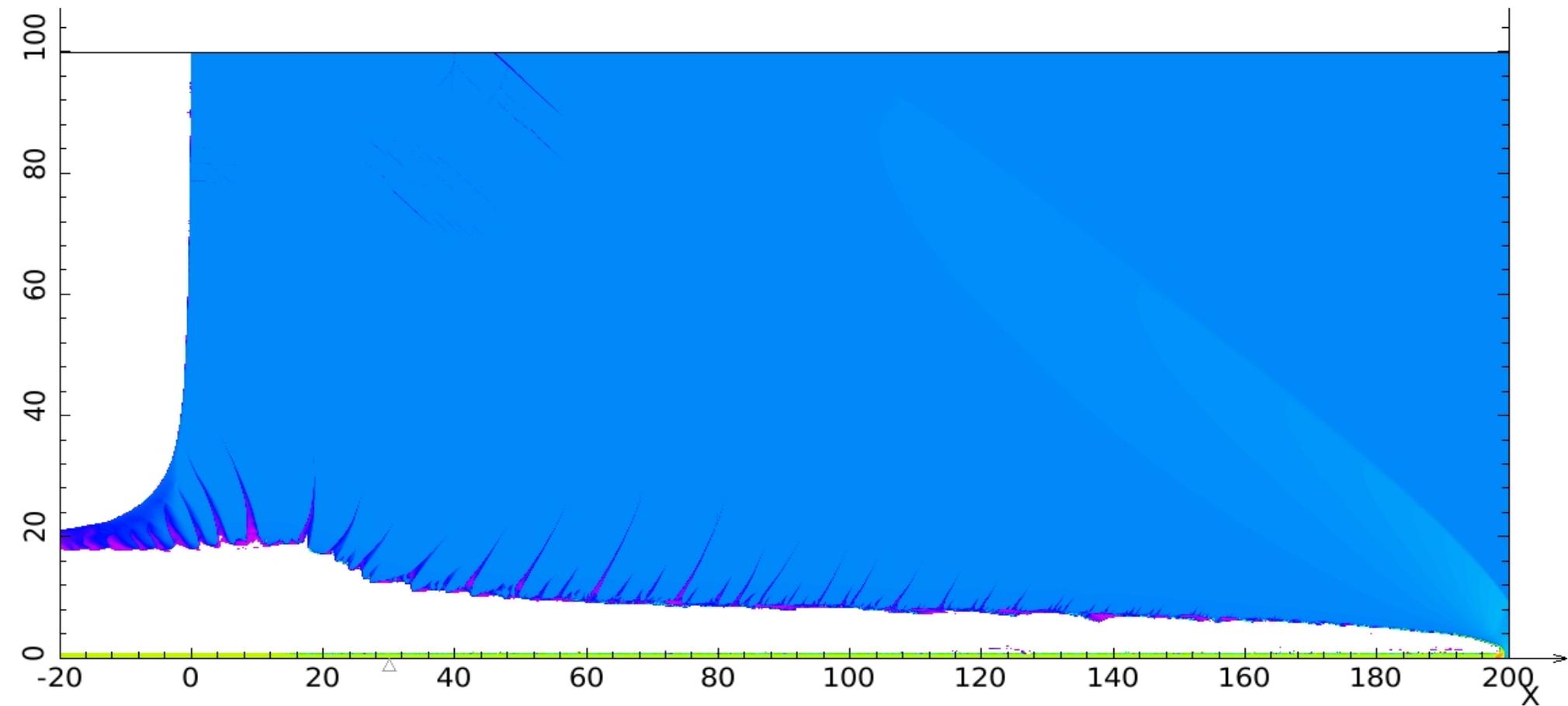
$Y = 2$, $R_{кр} = -0.5$, $t = 265$ мкс



Зависимость скорости проникания от времени

$V=10\text{км/сек}$, плотность грунта 2.65г/см^3

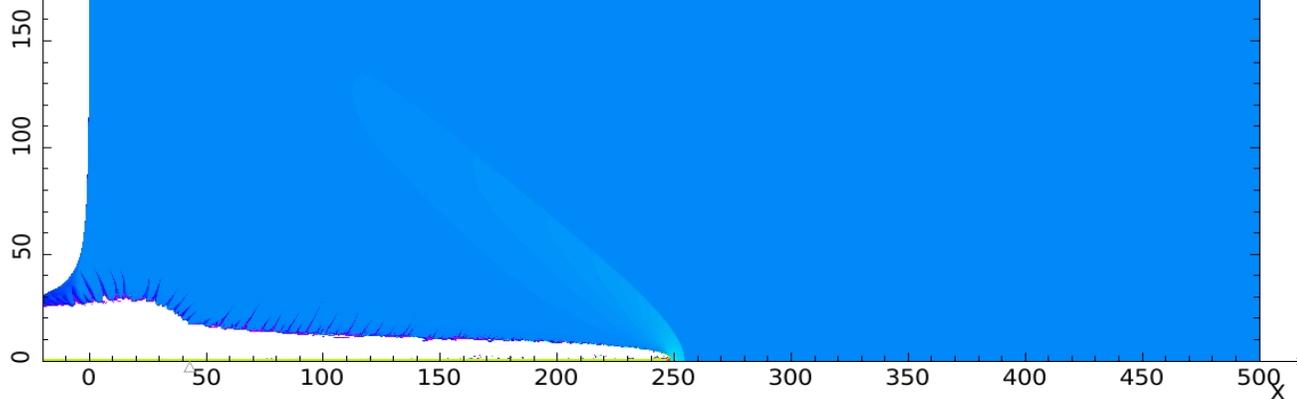
$$U_{\text{нж}} = 6.3 \text{ км/сек}$$



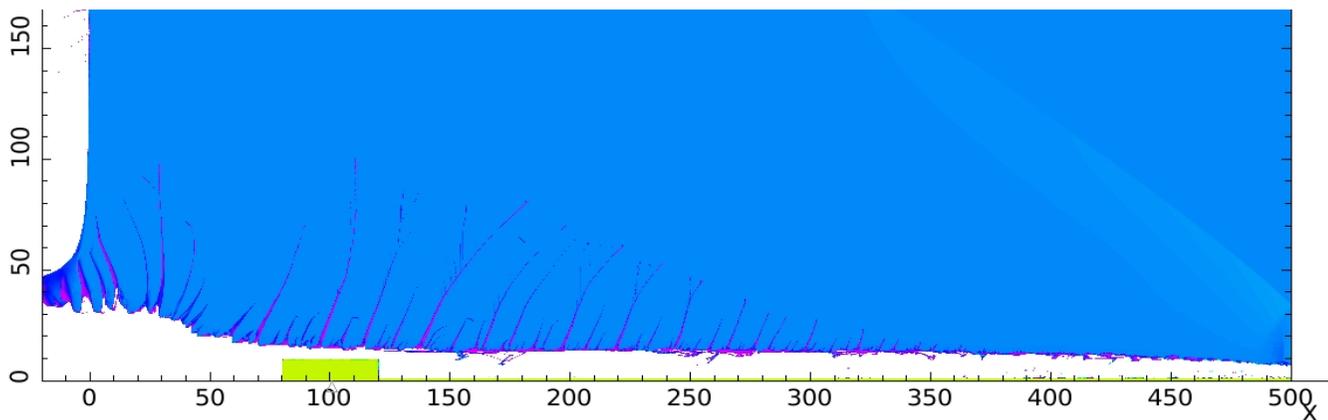
$Y = 0.2$, $R_{кр} = -0.2$, $t = 320$ мкс

Поле плотностей ($R=1$ см)

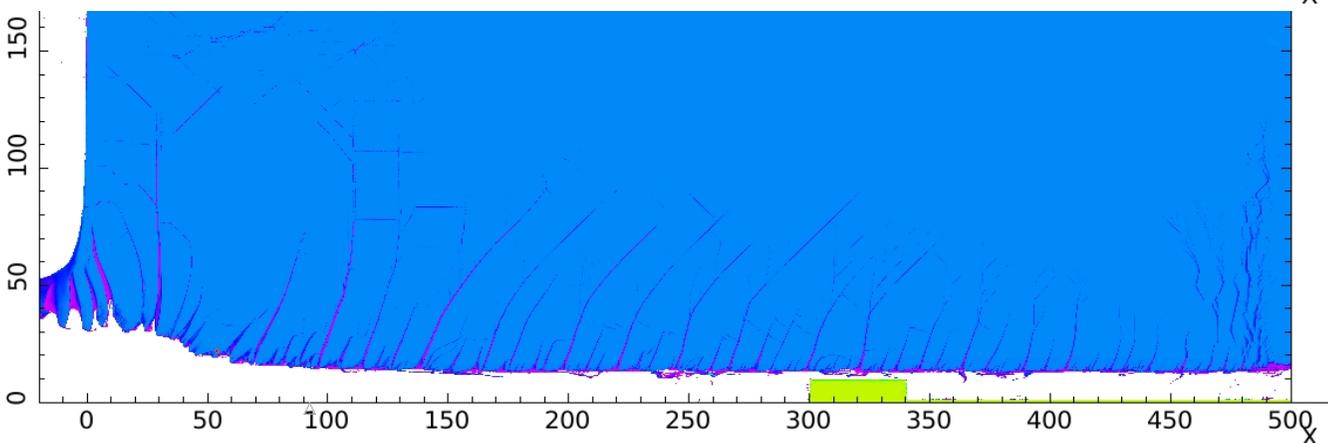
t = 400 мкс



t = 830 мкс

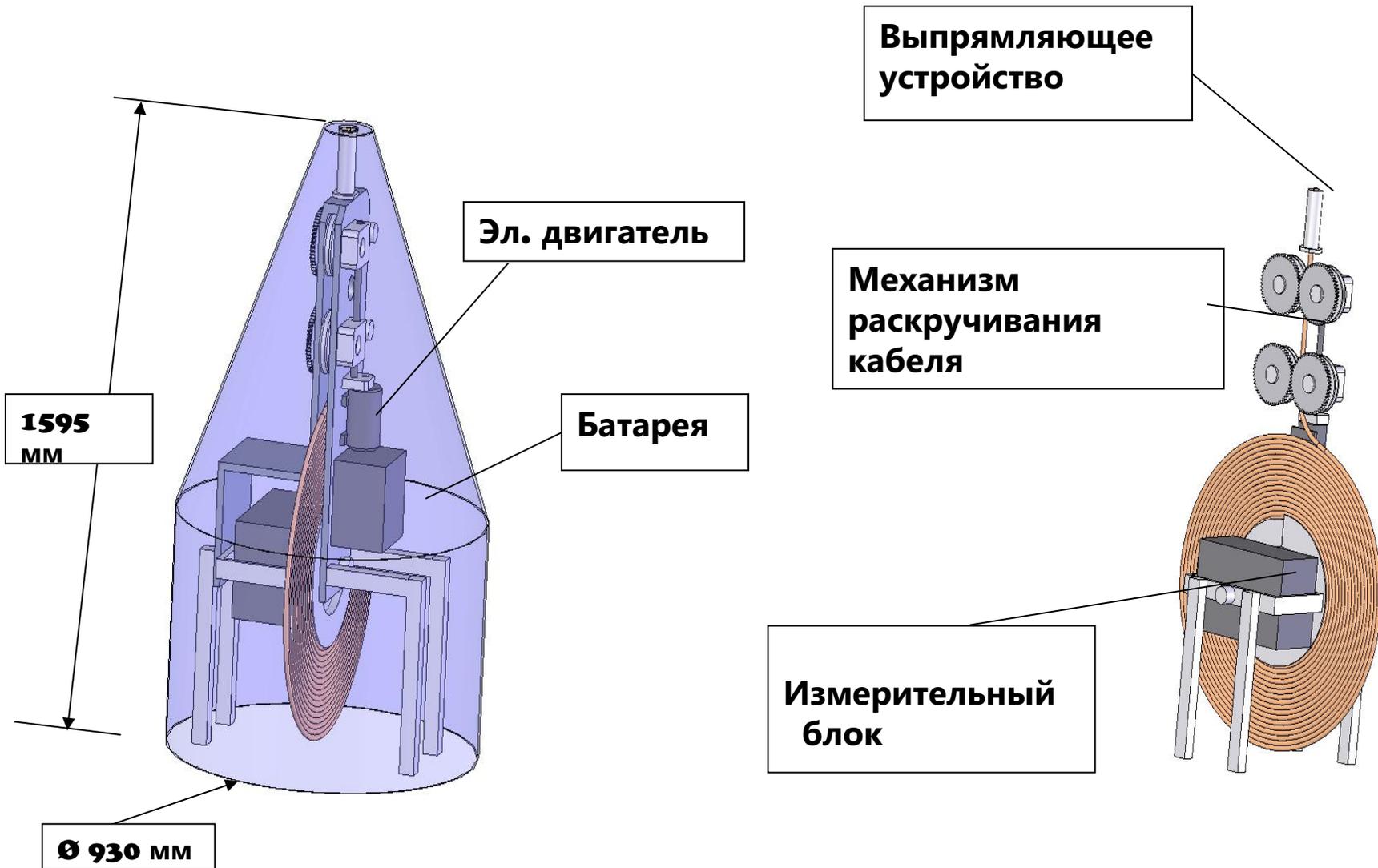


t = 1050 мкс



Поле плотностей (R=1.5см)

Общий вид антенного модуля



Содержание инженерной модели астероида

The contents of engineering model of an asteroid

1. Орбитальное движение

2. Планетофизические параметры (фигура, вращение и т. п.)

3. Масса, плотность, гравитационное поле

4. Строение поверхности

5. Строение недр

6. Фотометрические характеристики

7. Радиофизические характеристики

8. Состав и свойства грунта

1. Информация по крупномасштабному распределению массы может быть получена гравиметрическим методом (в том числе, и томографически)
2. По внутреннему строению с помощью высокоскоростного столкновения кумулятивным стержнем
3. Созданный канал может быть использован для размещения в диагностической аппаратуры и средств дополнительных испытаний

К отработке технологии кинетического воздействия на ОКО

Энергия и масса ОКО при разных плотностях, и эффективных диаметрах.

№	ρ г/см ³	D м	M кг	E Мт ТЭ	Прим
1	3	18	10	0,5	Чел.
2	3	38,8	100	5,0	Тун.
3	1	83,4	333	16,6	Тун.
4	2	83,4	667	33,3	
5	3	83,4	1000	50	КВ гр.
6	3	179,3	10000	500	Лок. гр.

1. Вероятные границы применимости КВ при современной технике – в области № 1÷2.
2. В перспективе – возможен охват №3÷5.
3. В области строк №2÷3 находится Тунгусское падение.
4. Строке №6 соответствует ранее принятой граница локальных катастроф (Лок. гр.).

1. Частые пролёты малых тел предоставляют благоприятные условия для исследований их свойств и технологий кинетического воздействия (КВ).
2. Это создаёт хороший базис для организации реальной защиты с помощью КВ от малых ОО и является ценным технологическим заделом для создания защиты от более крупных объектов, требующих использования ЯВ.

Заключение

- 1. Рост числа обнаруживаемых АСЗ позволяет приступить к изучению их свойств при их сближении с Землей.**
- 2. Существующие технологии позволяют организовать широкий спектр экспедиций по изучению АСЗ - от дистанционных исследований, до прямых (контактных), включающих посадку и доставку образцов грунта на Землю.**
- 3. Существующие и перспективные гравиградиентные технологии позволяют пассивно и дистанционно определять с погрешностью 1-5% массу, томографию плотностной неоднородности и угловую скорость вращения АСЗ и ядер комет.**
- 4. В динамических экспериментах могут быть обеспечены скорости соударения от десятков метров в секунду, до десятков километров в секунду.**
- 5. При высоких скоростях сближения могут быть получены данные о свойствах слагаемых пород при динамических нагрузках в естественных условиях объекта и о характере возможных разрушения при кинетическом воздействии.**
- 6. Реализация такой программы исследований открывает новые возможности для изучения свойств ОКО и разработки способов нейтрализации потенциально опасных столкновений.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

21 марта 2017 г.

Снежный ЗНЧ-2017

25