



**Государственный ракетный центр
имени академика В.П. Макеева
Открытое акционерное общество**



Генеральный директор - генеральный конструктор,
член-корреспондент РАН В.Г. Дегтярь

**Возможности ракетно-
космических комплексов для
уменьшения угрозы
астероидно-кометной опасности**



Доклад читает Калашников С.Т., гл. ученый секретарь, к.т.н.,

ОАО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» (ОАО «ГРЦ Макеева»)

Основан в 1947 году, а с 2008 г. - является головным разработчиком комплексов стратегического назначения с баллистическими ракетами для ВМФ и РВСН и одним из крупнейших научно-конструкторских центров России по разработке ракетно-космической техники.



В последние 20 лет ОАО «ГРЦ В.П. Макеева» с участием научных организаций РАН проводит инициативные исследования по созданию международной системы обеспечения астероидно-кометной безопасности Земли.

В плане создания в ближайшей перспективе ракетной составляющей этой системы проводятся:

- исследования по выявлению энергетических и пространственно-временных возможностей существующих и перспективных ракетных комплексов по выведению средств воздействия на опасные космические объекты (ОКО);
- исследования по определению потребных энергомассовых характеристик и параметров схем применения энергетических модулей, способных противодействовать ОКО;
- исследования по адаптации боевых ракетных комплексов для воздействия на внезапно появляющиеся опасные космические объекты малых размеров .

Вопросы обеспечения астероидно-кометной безопасности Земли.

Работая в этом направлении совместно с научными организациями РАН, ГРЦ Макеева является участником целого ряда Международных конференций, симпозиумов и форумов по обсуждению проблем защиты Земли от астероидно-кометной опасности, организованных Международной академией астронавтики, ближайшая из которых состоялась 18 апреля сего года в г. Флегстаффе, США.

В ноябре 2010 года в Вашингтоне прошёл саммит глав космических агентств государств, обладающих космическими технологиями, где были рассмотрены аспекты использования космических технологий для борьбы со стихийными бедствиями, в том числе и с астероидно-кометной опасностью. Концепция создания глобальной системы астероидно-кометной безопасности Земли, разработанная ОАО «ГРЦ Макеева», содержится в отчетах Международной академии астронавтики и нашла отражение в итоговых документах саммита.

Взаимосвязь размеров опасных космических объектов, частоты падения и дальности обнаружения

Обычно, когда идет речь о борьбе с опасными космическими объектами (ОКО), говорят, прежде всего, об угрозе столкновения с кометами или астероидами километрового класса, которые несут глобальную угрозу планете Земля. Вместе с тем, в просторах Космоса существуют многочисленные объекты меньших размеров, способных нанести не глобальный, но существенный ущерб нашей планете и ее обитателям. Самыми известными космическими объектами такого рода являются Тунгусский (1908 г.), Бразильский (1930 г.), и Сихотэ-Алинский (1947 г.) метеориты, падения которых только по счастливой случайности не привели к катастрофическим последствиям. Последним примером такого гостя из Космоса является метеорит, взорвавшийся 15 февраля сего года над городом Челябинском и принесший городу ущерб более миллиарда рублей и около 1,5 тысяч раненых различной степени тяжести. Окажись траектория полета этого метеорита менее пологой (летел под углом 20 градусов к поверхности Земли), взрыв мог произойти значительно ниже и ущерб был бы гораздо более существенным.

Опасные космические объекты

Потенциально опасными называют космические объекты, имеющие минимальное расстояние до орбиты Земли 0,05 а.е. (<7,5 млн.км).

Наряду с кометами и крупными астероидами существенный ущерб Земле и ее обитателям могут нанести объекты меньших размеров.

Таблица 1 - Ожидаемое число ОКО, падающих на Землю в течение 20 лет, и их тротиловые эквиваленты

Диаметр ОКО, м	20..40	40..100	100..300	более 300
Ожидаемое число ОКО	6	1	0.07	(3..4) [*] · 10 ⁻³
Тротиловый эквивалент ОКО, Мт	0.5 - 1	> 8	> 130	> 3500

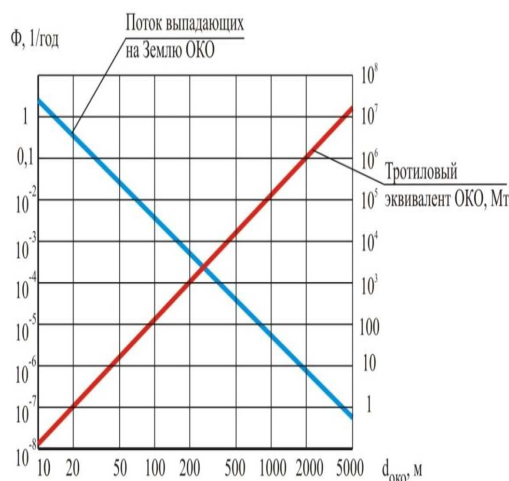


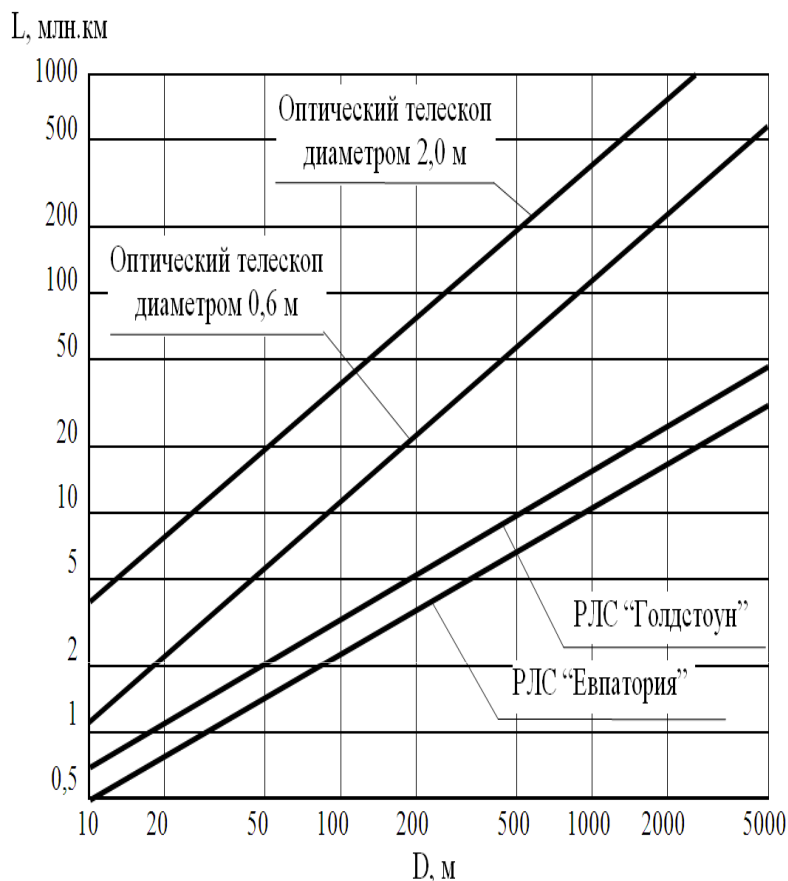
Рис 1. Зависимость потока выпадающих на Землю ОКО (Φ) и кинетической энергии от их диаметра ($d_{око}$), где здесь $\Phi(>D)$ – поток объектов (1/год) с размером больше D (м).

Необходимо развивать методологию и создавать средства борьбы со всеми классами ОКО, как с крупными, так и с относительно небольшими.

Способы борьбы с ОКО разных классов определяются, в значительной степени, возможностью их своевременного обнаружения.

Максимальная дальность обнаружения астероидов оптическими телескопами и радиолокаторами

(D – диаметр астероида, L – дальность обнаружения)



Ожидаемые возможности по обнаружению ОКО различных размеров с помощью оптических телескопов и радиолокационных станций.

Для каталогизации и долговременного прогнозирования движения ОКО дальность обнаружения должна быть того же порядка, что диаметр орбиты Земли, т.е. не менее 300 млн. км. Как видно из графика, современные средства наблюдения позволяют гарантированно осуществить это только для ОКО размером от 500 метров.

Короткопериодические кометы и астероиды, способные угрожать Земле, достаточно часто сближаются с Землей на расстояние в несколько десятков миллионов километров. На таком расстоянии можно рассчитывать на своевременное обнаружение объектов размером 100...500 метров, которые могут быть обнаружены и взяты на заметку до следующего сближения.

Большинство объектов размером менее 100 метров долго еще не удастся обнаруживать заблаговременно, их придется рассматривать как появляющиеся внезапно.

Концепция трехэшелонной системы защиты Земли

Предлагается концепция трехэшелонной системы защиты Земли от ОКО:

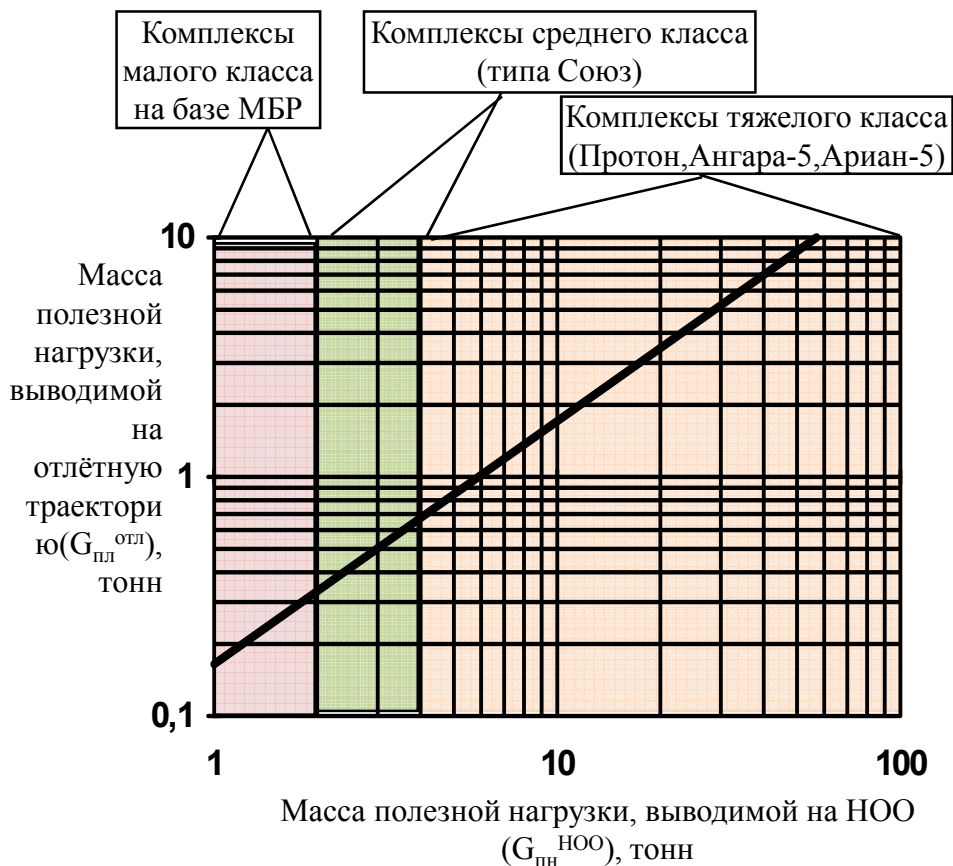
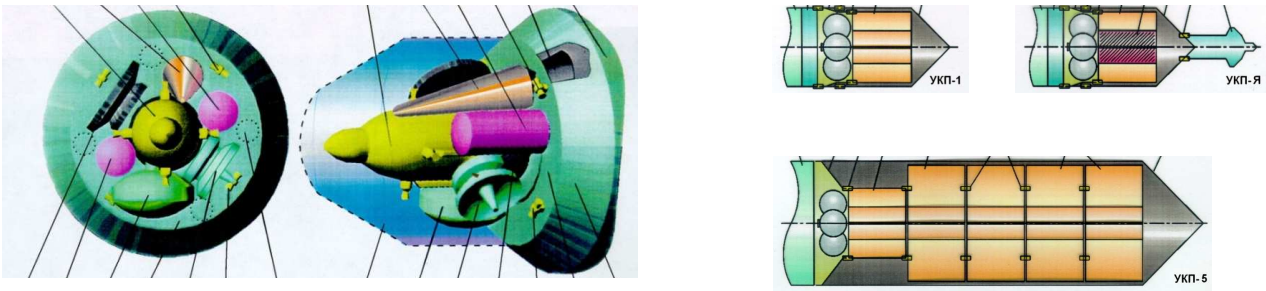
- дальнего эшелона для защиты от движущихся по заранее неизвестным траекториям, но заблаговременно обнаруженных крупных долгопериодических комет и астероидов;
- среднего эшелона для защиты от короткопериодических комет и астероидов, движущихся по предсказуемым циклическим заранее определённым траекториям;
- ближнего эшелона для защиты от внезапно обнаруженных астероидов малых размеров.

На дальнем эшелоне потребуются доставка перехватчика со средствами воздействия к ОКО за много лет до возможного столкновения и увод ОКО с траектории путем её коррекции.

На среднем эшелоне потребуются доставка перехватчика за считанные месяцы или годы с целью либо увода ОКО от опасной траектории, либо его дробления на безопасные для Земли фрагменты.

Космические аппараты для исследования и воздействия на ОКО (принципиальные схемы)

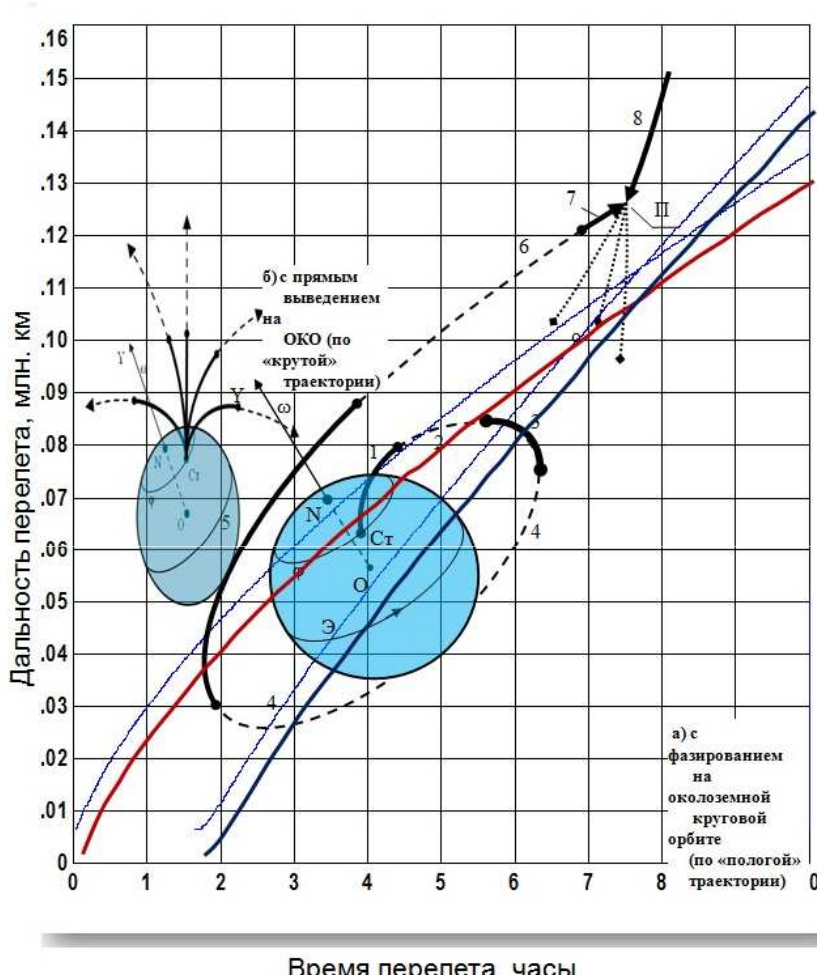
В ГРЦ Макеева были проведены работы по определению облика космических аппаратов «Каисса», предназначенного для изучения астероида, и «Капкан» - для непосредственного воздействия на ОКО.



Зависимость массы полезной нагрузки, выводимой на отлётную траекторию ($G_{ПН}^{отл}$) от массы полезной нагрузки, выводимой на низкую околоземную орбиту ($G_{ПН}^{НОО}$)

Схемы выведения перехватчика на астероид

На ближнем эшелоне основным фактором является внезапность. От обнаружения ОКО до столкновения остается от нескольких часов до нескольких суток. В этом случае нет времени для изменения траектории ОКО, остается только один путь перехвата - лобовая атака астероида на встречном курсе с последующим его разрушением.



В качестве средств выведения для перехвата ОКО дальнего и среднего эшелонов могут быть использованы мощные ракеты-носители космического назначения большого и среднего классов типа "Союз", "Протон", "Ангара" и другие с большой массой полезной нагрузки и требующие несколько дней для подготовки к пуску. Располагаемое для воздействия на ОКО дальнего и среднего эшелонов время в несколько месяцев и даже лет позволяет успеть подготовить эти ракеты к запуску, а масса полезной нагрузки в несколько тонн позволяет осуществить воздействие на ОКО достаточно больших размеров.

Ракета-носитель системы защиты Земли ближнего эшелона

Один из вариантов такого носителя. В качестве первой и второй ступеней в ракете-носителе используются соответствующие ступени ракеты-носителя типа "Днепр" с дополнительной третьей ступенью для достижения потребной отлетной скорости разработки ОАО «ГРЦ Макеева».

По предварительным оценкам, такая ракета-носитель сможет вывести на отлетную траекторию перехватчик массой до 500 кг, радиус действия перехватчика составит не менее миллиона километров.



Основные характеристики ракеты носителя:

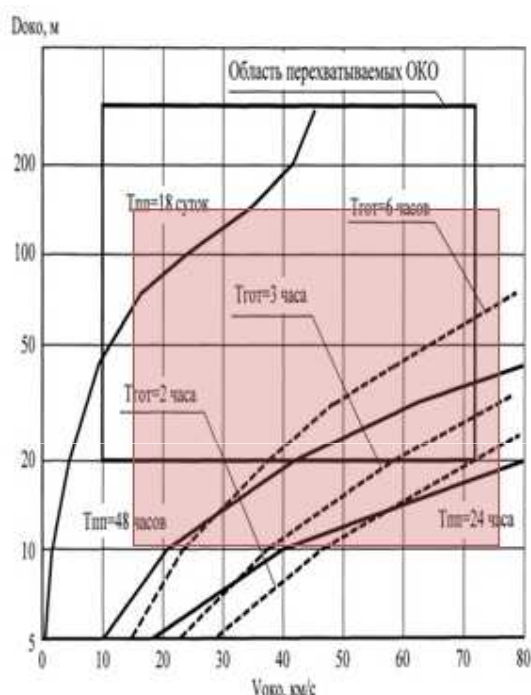
стартовая масса	~ 200 т
количество ступеней	– 3
тип топлива	– АТ + НДМГ
тип старта	– шахтный
время оперативной готовности	– 10..20 мин
масса перехватчика	– около 500 кг
высота перехвата	
-при вертикальном перехвате	– до 100 тыс. км.
-при оптимальном перехвате	– более 1 млн. км.

Принципы обеспечения безопасности Земли на ближнем эшелоне перехвата

Основной фактор на ближнем эшелоне – внезапное появление астероида на опасном расстоянии от Земли. Поэтому остается лишь один путь перехвата астероида – его разрушение на безопасные для Земли фрагменты с помощью ядерного взрыва небольшой мощности.

Радикальный способ воздействия - применение ядерного взрывного устройства небольшого класса - мощности порядка нескольких (максимум – десятков) килотонн.

Таблица 1 - Потребная мощность ядерного заряда



Размер ОКО, м	30	50	100	150	200	300
Мощность ЯВУ, кт	4	19	140	450	1040	3380

Таблица 2 – потребная безопасная для Земли дальность перехвата ОКО

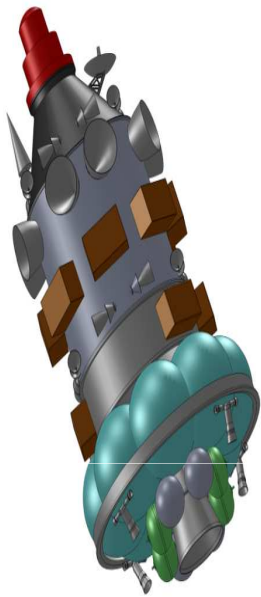
Минимальный размер перехватываемого ОКО (Доко – размер ОКО; Воко – скорость сближения ОКО с Землей; Тпп – длительность предстартовой подготовки; Тгот – длительность формирования целеуказания и полетного задания)

Размер ОКО, м	30	50	100	150	200	300
Минимальная высота перехвата ОКО, тыс.км	0.8	4.95	23.8	80.0	359.5	639.1
Начальная скорость, км/с	7.95	8.55	9.97	10.61	10.78	10.95
Длительность полета, час	1.75	2.1	2.90	6.0	25.0	50.0

В таблице 1 приведены величины потребной мощности ядерного заряда для разрушения астероидов различных размеров. В таблице 2 – потребная безопасная для Земли дальность перехвата ОКО путем подрыва ядерного боезаряда. На рисунке 1 приведены диапазоны изменения размеров астероидов и скоростей их движения, в пределах которых эти объекты могут быть обнаружены современными средствами.

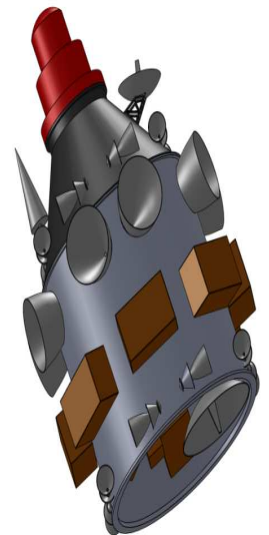
Универсальный перехватчик

Отдельным вопросом является разработка перехватчика. Встреча с ОКО будет происходить на скоростях порядка 30...70 км/с, в связи с чем возникает вопрос об обеспечении необходимой точности попадания перехватчиком по ОКО независимо от типа средства воздействия: будь то ядерный заряд или механический ударник.



Перехватчик с разгонным блоком – третьей ступенью ракеты-носителя типа «Днепр». Разгонный блок предназначен для выведения полезной нагрузки (перехватчика) на околоземную круговую орбиту с последующим выводом её на энергетически оптимальную траекторию к астероиду.

Перехватчик типа «Капкан» для доставки научной аппаратуры либо кинетического проникателя (или ядерного заряда) к опасному космическому объекту для воздействия на данный объект либо путем изменения его траектории, либо путем его разрушения на безопасные для Земли фрагменты.

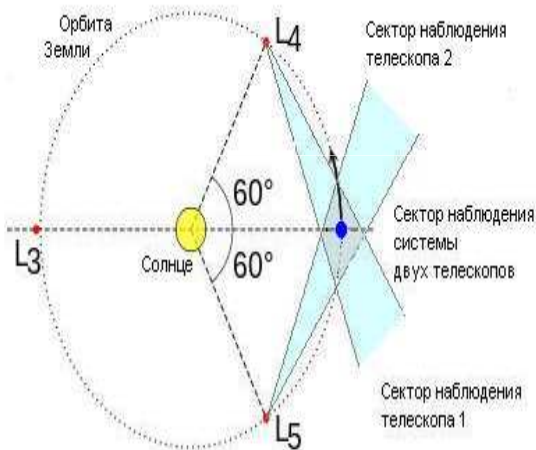


Можно ожидать, что современные технологии наведения позволят осуществить прямое попадание перехватчика в ОКО.

Система обнаружения и слежения за ОКО в точках Лагранжа

Для гарантированного обнаружения опасных объектов и слежения за ними с любого направления потребуется сканировать всю небесную сферу. А это около 42 тысяч квадратных градусов. Даже при развертывании разветвленной глобальной сети оптических и радиотелескопов решение этой задачи потребует нескольких дней или месяцев, что недопустимо для ближнего эшелона, в котором задачу от обнаружения до перехвата ОКО потребуется решить за несколько часов.

Создать систему оперативного обнаружения для ближнего эшелона возможно, поместив стереосистему из двух космических оптических телескопов в точках Лагранжа L_4 и L_5 орбиты Земли, как предлагают, в частности, специалисты Пулковской обсерватории.



Стереосистема из двух телескопов в точках Лагранжа L_4 и L_5 орбиты Земли способна вести наблюдение за околоземным пространством на расстоянии 150 млн. км. При этом каждый телескоп постоянно контролирует коническую область с углом раствора 2...3 градуса.

Такая система способна обнаружить объекты размером от 20...60 м на расстоянии 2...3 млн. км от Земли, то есть минимум за 5...10 часов до их падения на Землю.

За это время предлагаемые средства ближнего эшелона системы защиты Земли успеют среагировать и принять соответствующие меры для воздействия на угрожающий объект.

Развертывание данной системы космических телескопов потребует существенно меньших затрат времени и финансов, чем развертывание глобальной системы наземных средств обнаружения.

Диагностика и уменьшение угрозы астероидно-кометной опасности - ВЫВОДЫ

Комплекс ближнего перехвата может быть использован также для исследования многочисленных и разнообразных объектов, весьма часто пролетающих вблизи Земли на расстоянии до 1 .. 2 млн. км.

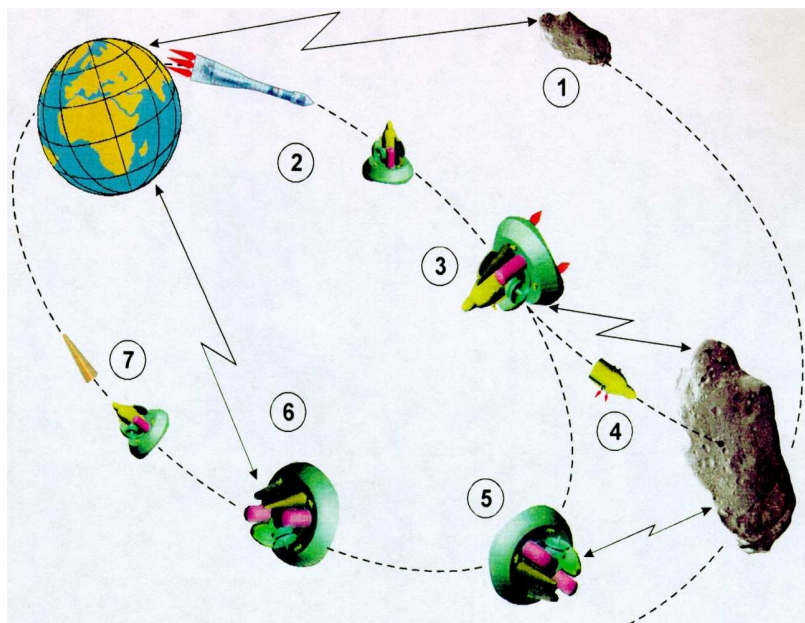


Схема организации противодействия угрозе.

1. Обнаружение астероида, приближающегося к Земле
2. Выведение КА на заданную траекторию
3. Коррекция траектории КА после обнаружения астероида бортовыми средствами КА
4. Отделение ударного блока-проникателя
5. Наблюдение последствий удара
6. Передача информации на Землю

В перспективе, на таких же принципах могут быть построены системы среднего и дальнего перехвата.

В процессе разработки ракетного комплекса для защиты Земли на ближнем эшелоне должны быть решены следующие технические проблемы:

- отработаны технические решения и конструкция перехватчика;
- отработан оперативный перехват ОКО;
- создана базовая модель перехватчика;
- проведены летные испытания перехватчика;
- отработано взаимодействие ракетного комплекса с системами наблюдения за ОКО и другими службами, в том числе с органами государственного управления;
- получены детальные научные данные об ОКО.

ОАО «ГРЦ Макеева» с организациями кооперации обладает достаточным научно-техническим и производственным потенциалом для участия в работах по созданию космических аппаратов и средств их доставки на любые орбиты и космические объекты.