



Роль П.Е. Эльясберга в формировании направлений научных исследований 4 ЦНИИ по баллистике ракет и космических аппаратов

- **М.М. Бордюков**
- **А.В. Брыков**
- **В.С. Галактионов**
- **И.Ф. Игнатович**
- **А.П. Катаргин**
- **Н.Н. Котяшев**
- **П.Ф. Лебедев**
- **М.П. Неволько**
- **Ю.С. Соловьёв**



.

Выписка из личного дела полковника Эльясберга П.Е

Офицерские воинские звания

04.09.42 - младший воентехник;
27.12.42 - техник-лейтенант;
10.05.44 - старший техник-лейтенант;
31.12.47 - инженер-капитан;
28.06.51 - инженер-майор;
05.04.56 - инженер-подполковник;
19.09.61 - инженер-полковник.

Выписка из личного дела полковника Эльясберга П.Е.

Послужной список

- 27.10.39**-Курсант полковой школы 75 стр. полка Закавказского ВО. г.г Сталинград, Баку, Ереван;
фев. 1940-Командир отделения 75 стр. полка;
июнь 1940-Оружейный мастер 24 дивизионных арт. рем. мастерских;
08.06.42-Оружейный мастер 56 армейских арт. рем. маст. Юж. фронта;
04.09.42-Нач. арт. отделения армейских арт. рем. мастерских № 261 Закавказского, Северокавказского фронтов;
24.01.45 -Нач. полковых арт. мастерских 1-го Гв. танкового корпуса 2-го Белорусского фронта, Группы Советских окк. войск в Германии;
02.01.47- Младший научный сотрудник 17 отдела НИИ-4 ААН;
15.08.47- Научный сотрудник 17 отдела НИИ-4 ААН;
15.02.49 - Ст. научный сотрудник 17 отдела НИИ-4 ААН;
11.02.57 - Нач. 14 лаборатории НИИАИ № 4 МО СССР;
03.08.59 - Научный консультант начальника НИИАИ № 4 МО СССР;
12.05.68 - уволен в запас по ст. 59 п. «б».

Научно-Исследовательский Институт № 4
Академии Артиллерийских Наук.

~~"Утверждаю"~~

гг. начальника института
по управлению полетом
Полковник... *Дубин* /Бовман/
23 - *Июль* 1947 года

О т ч е т № 1

Внешняя баллистика дальнебойных
реактивных снарядов типа А - 4

Т е м а № 10

Исполнитель: старш. техн.-лейтенант

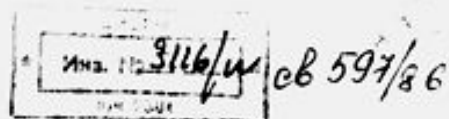
- 21 - *Июль* 47 г. *К. Д. ...* /Рольсберг/

Руководитель: Гв. подполковник

- 25 - *Июль* 47 г. *Г. ...* /Рольсберг/

Начальник 7-го отдела Гв. подполковник

- 23 - *Июль* 47 г. *Г. ...* /Рольсберг/



Москва 1947 год.

Раздел I

От таблиц стрельбы — к контролю целеуказаний

Диссертация.

(1955 год)

- 1. Методика расчета пассивного участка**
- 2. Учет влияния кориолисова ускорения**
- 3. Учет влияния несферичности Земли**
- 4. Учет влияния нецентральности сил тяжести**
- 5. Определение суммарных поправок к дальности и азимуту стрельбы под влиянием всех основных факторов, действующих на пассивном участке траектории**
- 6. Определение отклонений координат точки падения при малых изменениях элементов конца активного участка траектории**
- 7. Учет влияния геофизических факторов при составлении таблиц стрельбы, прицеливании и подготовке данных для настройки системы управления**
- 8. Оценка точности основных допущений**
- 9. Использование электронных счетных машин при составлении таблиц стрельбы**
- 10. Учет влияния основных геофизических факторов при стрельбе на малые дальности.**

ОБЪЕКТЫ И ЗАДАЧИ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ДАЛЬНОСТИ	СРЕДНИЕ	МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ	
СПОСОБ НАВЕДЕНИЯ	ПО ФУНКЦИОНАЛУ	ТЕРМИНАЛЬНЫЙ	САМОНАВЕДЕНИЕ
КОЛИЧЕСТВО ЦЕЛЕЙ	1	1 — 10	1
ВЫХОДНЫЕ ДОКУМЕНТЫ	ТАБЛИЦЫ СТРЕЛЬБЫ	ПОЛЁТНЫЕ ЗАДАНИЯ	ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ

Краевая задача расчёта попадающей траектории

Модели гравитационного поля Земли

Методы планирования пусков

Контроль расчёта ПЗ и реализуемости ЦУ

Опытно-теоретическое уточнение моделей объектов и условий полёта

Схема расчета полётного задания



Возмущающий потенциал Земли

$$T = \frac{fM}{\bar{a}} \sum_{n=2}^{n_k} \left(\frac{\bar{a}}{\rho}\right)^{n+1} \sum_{k=0}^n (\bar{C}_{nk} \text{Cos}k\lambda + \bar{S}_{nk} \text{Sin}k\lambda) \bar{P}_{nk}(\text{Sin}\varphi) \quad ,$$

\bar{a} — большая полуось общего земного эллипсоида ;

ρ — расстояние от центра масс Земли до текущей точки внешнего пространства;

φ, λ — геоцентрические широта и долгота точки внешнего пространства;

fM — произведение гравитационной постоянной на массу Земли;

\bar{P}_{nk} — нормированные присоединенные функции Лежандра;

$\bar{C}_{nk}, \bar{S}_{nk}$ — нормированные коэффициенты разложения.

Рекуррентные формулы вычисления функций Лежандра

$$\bar{P}_{nk}(\text{Sin}\varphi) = \begin{cases} 0 & \text{npu } n < k ; \\ 1 & \text{npu } n = k = 0 ; \\ \bar{P}_{n-1,k-1} \text{Cos}\varphi \sqrt{\left(1 + \frac{1}{2n}\right) \frac{1}{\delta_{k-1}}} & \text{npu } n = k \neq 0 ; \\ \bar{P}_{n-1,k} \text{Sin}\varphi \sqrt{\frac{4n^2 - 1}{n^2 - k^2}} - \bar{P}_{n-2,k} \sqrt{\frac{[(n-1)^2 - k^2](2n+1)}{(n^2 - k^2)(2n-3)}} & \text{npu } n > k ; \end{cases}$$

$$\text{Sin}\varphi = \frac{\zeta}{\rho}; \quad \text{Cos}\varphi = \frac{r}{\rho}; \quad \text{Sin}\lambda = \frac{\eta}{r}; \quad \text{Cos}\lambda = \frac{\xi}{r};$$

$$r = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \quad ; \quad \rho = \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2} \quad ;$$

Метод точечных масс

Возмущающий потенциал Земли

$$T = \sum_{i=1}^N \frac{M_i}{\rho_i},$$

$$\rho_i = \sqrt{(\xi - \xi_i)^2 + (\eta - \eta_i)^2 + (\zeta - \zeta_i)^2};$$

ξ, η, ζ, M_i — характеристики точечных масс
 N -- количество точечных масс.

Составляющие
аномального ускорения

$$\Delta g_\xi = - \sum_{i=1}^N \frac{M_i}{\rho_i^3} (\xi - \xi_i);$$

$$\Delta g_\eta = - \sum_{i=1}^N \frac{M_i}{\rho_i^3} (\eta - \eta_i);$$

$$\Delta g_\zeta = - \sum_{i=1}^N \frac{M_i}{\rho_i^3} (\zeta - \zeta_i).$$

Краевая задача нахождения
потенциала

$$\Delta T = 0 \quad \text{при} \quad \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{2T}{r} = -\delta g$$

Алгоритм

$$\sigma = \min_{M, \xi, \eta, \zeta} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k p_j (\delta.g_j - \delta.g_j^p)^2}{k - 4N}}, \text{ где}$$

$$\delta.g_j^p = f(\xi_j, \eta_j, \zeta_j, \xi_i, \eta_i, \zeta_i, M_i)$$

Условия сохранения
нормального потенциала ГПЗ

$$\sum_{i=1}^N M_i \xi_i = 0; \quad \sum_{i=1}^N M_i \eta_i = 0; \quad \sum_{i=1}^N M_i \zeta_i = 0;$$

$$\sum_{i=1}^N M_i \xi_i \eta_i = 0; \quad \sum_{i=1}^N M_i \xi_i \zeta_i = 0; \quad \sum_{i=1}^N M_i = 0.$$

Модели аномалий гравитационного поля

Земли

Суммарный возмущающий потенциал

$$T_{\Sigma} = T_{Г} + T_{Р} + T_{Л}$$

состоит из

↑ глобальной

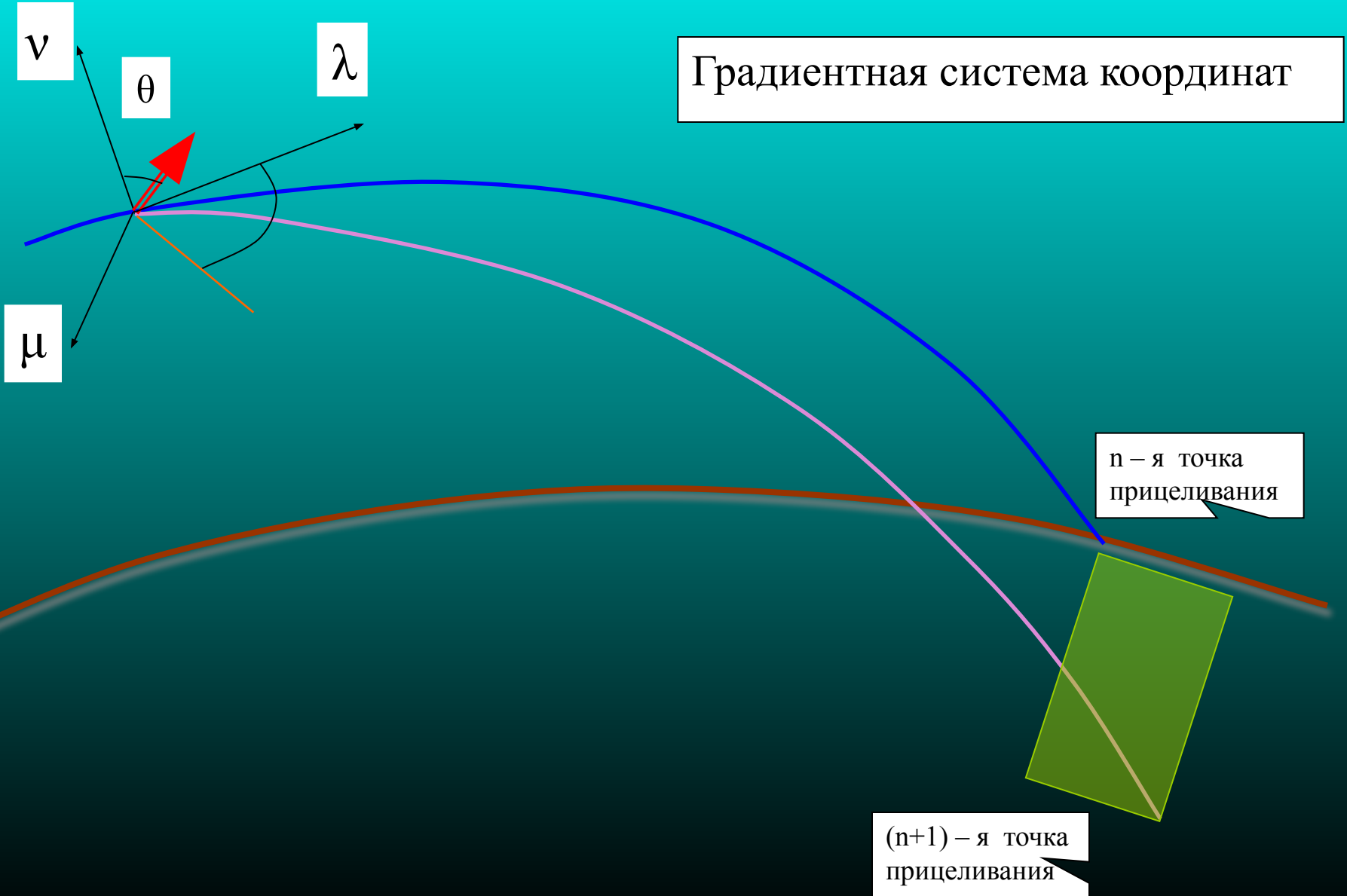
↑ региональной

↑ локальной

с о с т а в л я ю щ и х

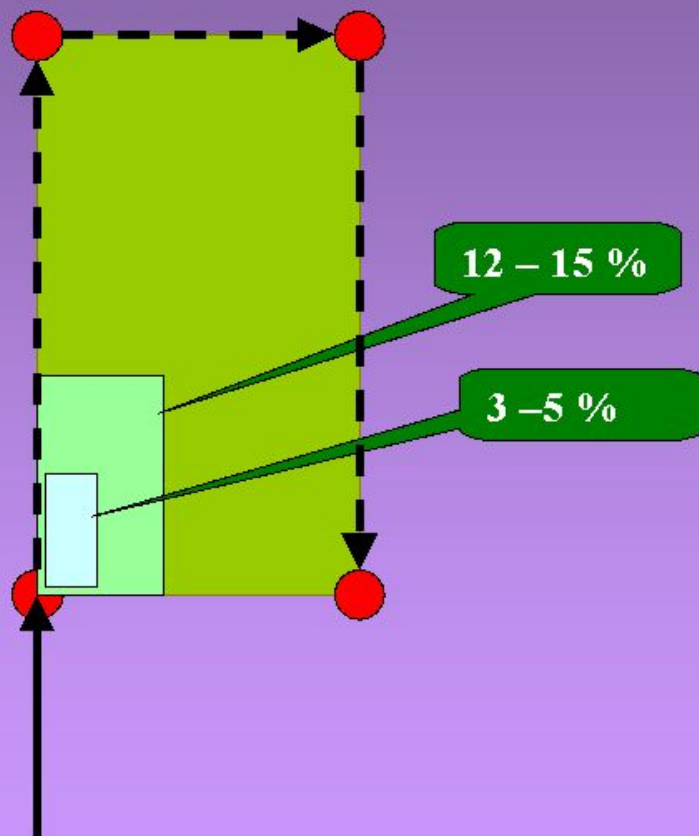
Модели	Области осреднения исходных данных	Количество точечных масс		
		1970	1977	1990
Глобальная	5° x 5° 3° x 6°	4	35	60
Региональная	1° x 1°	9	40	90
Локальная	5' x 7',5 10' x 15'	—	—	100

Градиентная система координат

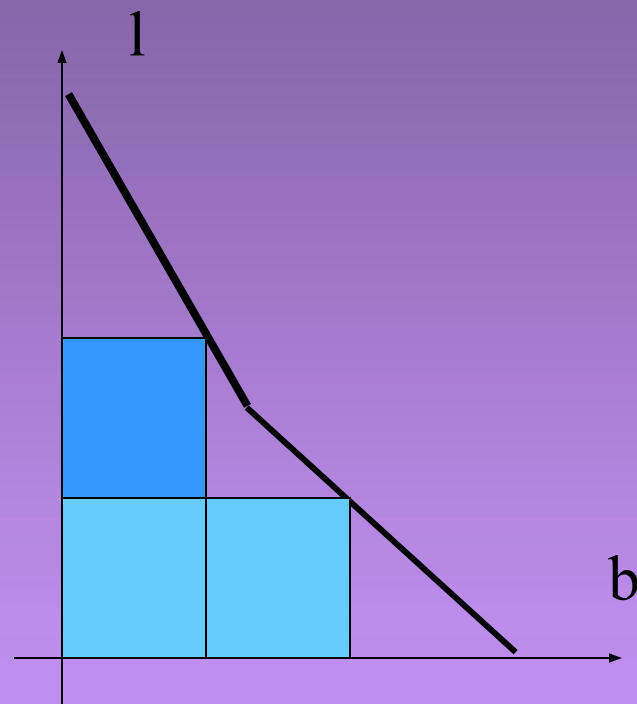


Прямоугольники разведения

Условный



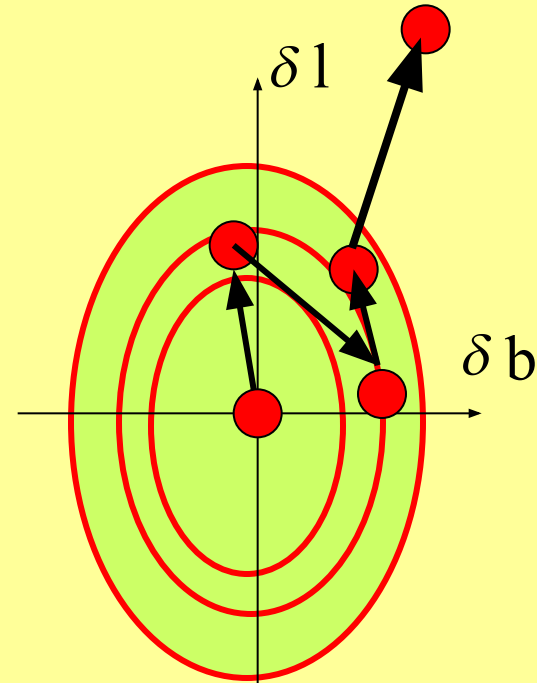
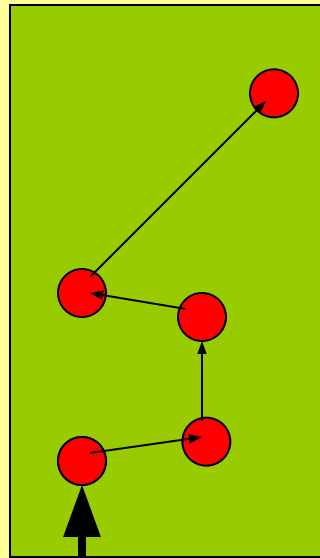
Располагаемый



Основные задачи баллистической фильтрации

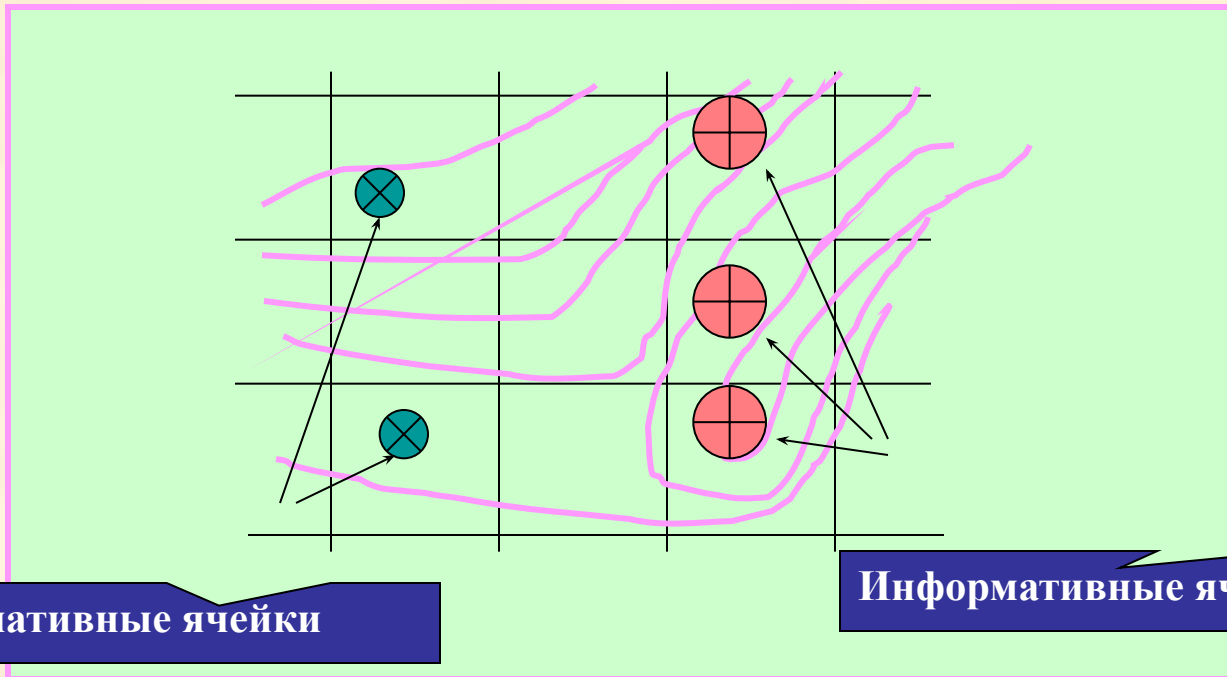
1. Отбор целей, достижимых блоками данного носителя
2. Выбор последовательности разведения блоков одного носителя
3. Окончательный контроль технической реализуемости плана

Выбор маршрута обхода



$$\delta W_i = \min_{\delta l_i, \delta b_i} \sqrt{\left[\frac{\delta l_i}{L_v} \right]^2 + \left[\frac{\delta b_i}{B_v} \right]^2}, \quad (i = 1 \dots N_{66})$$

Карты информативности опорных участков местности



$$G^2\left(\frac{\Delta h}{\Delta x}\right) = \frac{1}{L} \int_0^L \left(\frac{\partial H(x, y)}{\partial x} - \frac{1}{L} \int_0^L \frac{\partial H(x, y)}{\partial x} dx \right)^2 dx$$

Раздел II

Координационно - вычислительный центр



В ЭТОМ ЗДАНИИ НИИ 4
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
В 1957-1961 ГОДАХ НАХОДИЛСЯ
КООРДИНАЦИОННО-
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ПЕРВЫЙ В МИРЕ
ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ
КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ
И ПИЛОТИРУЕМЫМИ КОРАБЛЯМИ





Раздел III

ГЛОНАСС



Высокоточное определение параметров движения КА системы «ГЛОНАСС» при отсутствии полных данных о фундаментальных постоянных

ПРОБЛЕМА: Создание навигационного поля для привязки потребителей с погрешностью, не превышающей 30 м в плане и 20 м по высоте

Для решения этой проблемы необходимо уменьшить влияние погрешностей знания фундаментальных постоянных на точность определения орбит

Измерения
в 5 раз

Привязку пунктов
в 20 раз

Гравитационное
поле Земли
в 3 раза

Солнечное давление
в 9 раз

Неравномерность
вращения Земли
в 3 раза

Уходы
полосов
в 3 раза

ПУТИ РЕШЕНИЯ

С предварительным уточнением фундаментальных постоянных за счет создания специальных космических систем

Уточнение фундаментальных постоянных одновременно с определением орбит методически без дополнительных специальных КА

Комбинированным способом с частичным привлечением специальных КА

Создан комплекс уникальных методов определения орбит КА с одновременным уточнением фундаментальных постоянных

ОСНОВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Созданы модели и программы решения баллистических задач

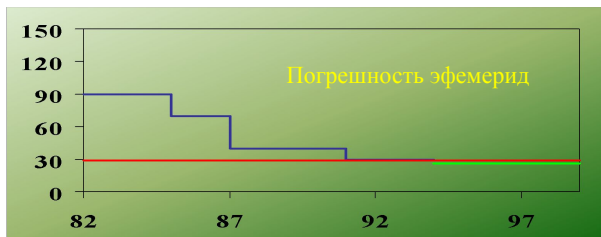
1. Сокращение сроков достижения заданных точностных характеристик в 1.8 раза.
2. Сокращение затрат на создание системы за счет разработки комплекса уникальных моделей решения баллистических задач без использования дополнительных специальных КА.
3. Выявлены пути дальнейшего совершенствования системы «ГЛОНАСС».
4. Экспериментально подтверждена высокая точность разработанной методологии, использование которой при обработке лазерных измерений пассивного спутника «ЭТАЛОН» позволило спрогнозировать его движение на год с погрешностью, не превышающей 30 см
5. Точность результатов определения ПВЗ в КНС (1 мс и 20 см) обеспечила независимость системы от внешних геодинамических служб и использование ее данных как основы Государственной службы ПВЗ.
6. Достигнута сравнимая с американской системой «НАВСТАР» точность расета эфемерид.



Решение проблемы высокоточного эфемеридного обеспечения КНС «ГЛОНАСС»

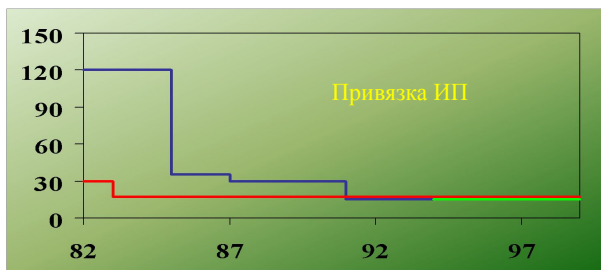
1

Эталонирование каналов измерений орбитальными методами



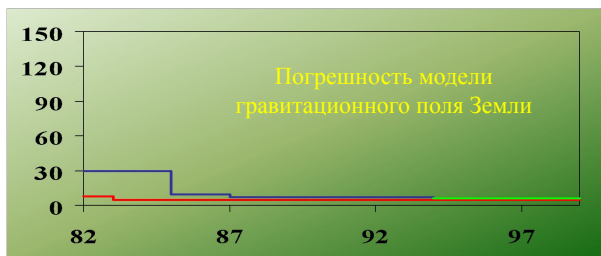
2

Повышение точности геодезической системы в 10-20 раз



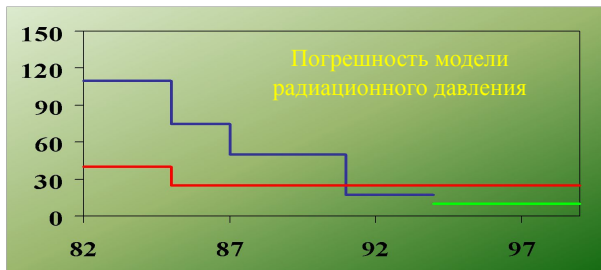
3

Повышение точности модели гравитационного поля Земли в 3-5 раз



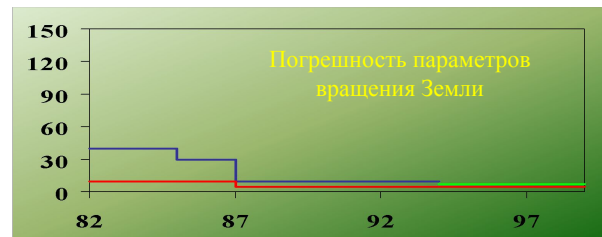
4

Снижение влияния погрешностей модели радиационного давления в 8-10 раз



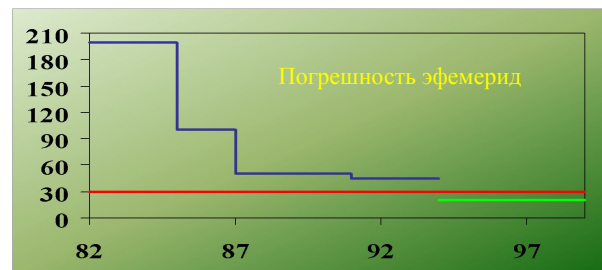
5

Повышение точности определения параметров вращения Земли в 3-4 раза



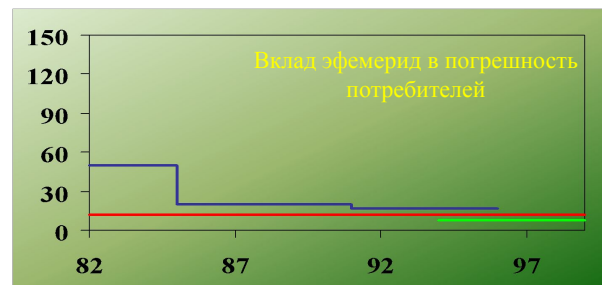
6

Повышение точности эфемерид



7

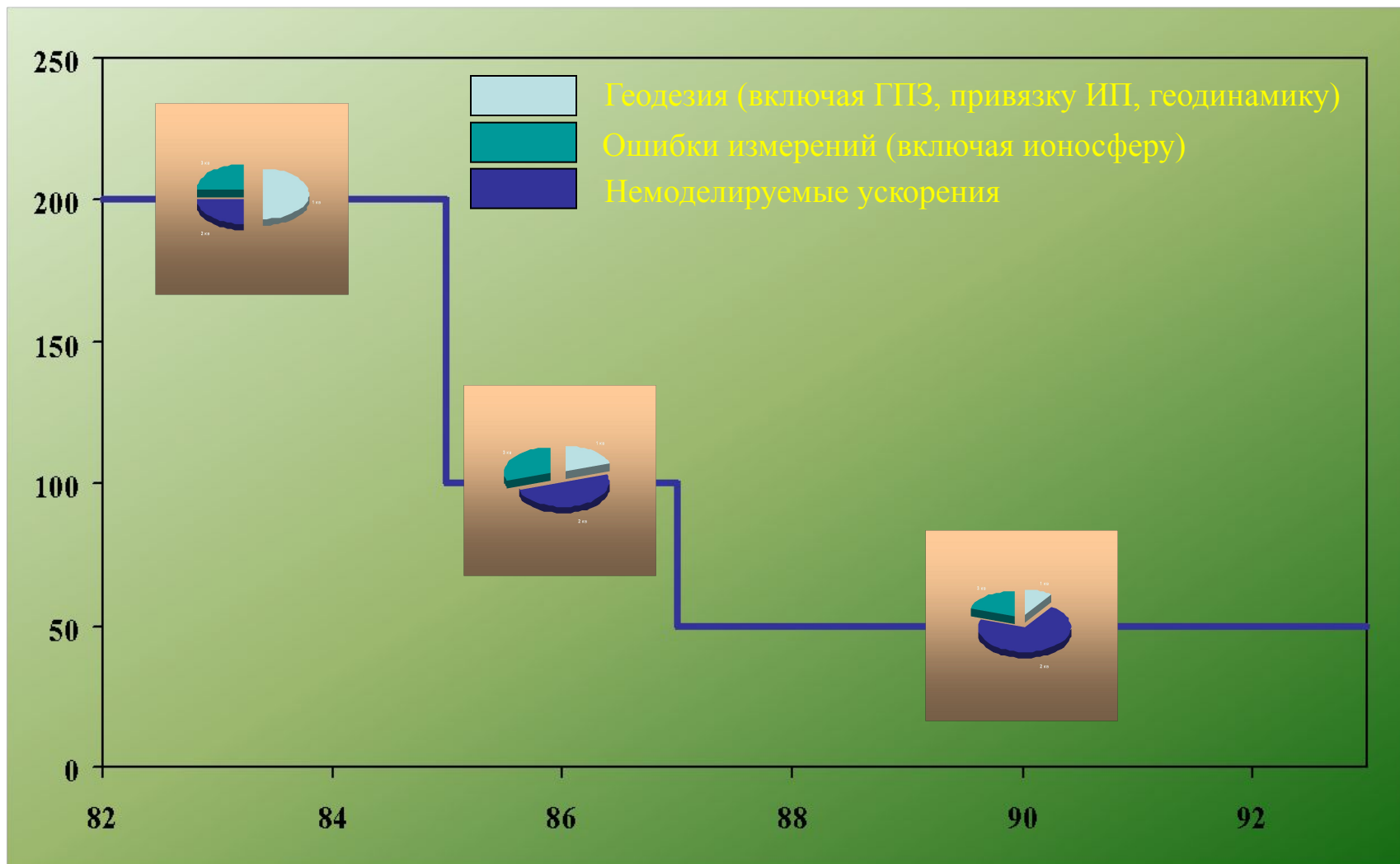
Повышение точности потребителей



— ГЛОНАСС
— NAVSTAR
— ГЛОНАСС-М



Динамика обеспечения точностных характеристик эфемеридного обеспечения КНС «ГЛОНАСС»





Обеспечение перспективных требований к точности эфемерид НКА КНС «ГЛОНАСС»

