

## Литература.

1. Венцель Е. С. Исследование операций, задачи, прикладные методы.
2. Неплюев Ф. К. Стрельба зенитными ракетами.

## Введение

Сложности задач, решаемых АИУС.

1. Работа в условиях больших широтных углов и сильных АИУС. При этом время обработки сигнала мало.
2. Одновременная работа по линиям, облучаемым и разномощными объектами.
3. Работа в условиях помех: внутрисистемные и внешние.
4. Работа в условиях естественных и искусственных шумов.
5. Воздача команд группировке только в определенных моменты времени.
6. Уменьшение массы ЭПР ~~для~~ целей, его уменьшает и уменьшение полезного сигнала.
7. Эффективность работы АИУС возможна только в составе комплексной системы, включающей также систему наведения, исполнительное устройство.

Сложность решаемых АИУС задач приводит к необходимости оценки эффективности работы АИУС, начиная с начальных этапов проектирования до завершающих этапов.

Глава 1. Теория эффективности  
как один из результатов исследования  
операций.

Раздел 1.1 Исследование операций, понятие  
операции, виды операций.

Исследование операций (ИСО) - это наука, зани-  
мающаяся рациональными способами орга-  
низации деятельности человека и  
деятельности.

В наше время появились сложные задачи,  
нельзя орг. работ. одними силами, поэтому  
транспорти, разработка боев операций,  
которые без помощи науки человек  
человеку решить невозможно. Такие необ-  
ходимо принимать решения в короткое  
пространство времени.

Операция - в ИСО это любое мероприятие  
или система действий, осуществляемых  
заказчиком и контролируемых к достижению  
определенной цели.

Перед началом операции ее нужно сообразно  
образом описать в условиях, следующие  
ее осуществляющие.

1. активные средства - то, чем обладают  
оперирующей стороной;
2. ограничивающие, задающие операцию ресурсы;
3. условия проведения операции. Сюда же  
входятся параметры, управляемые координаты  
мы не можем
4. управляемые параметры операции - структура  
или  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ .

Благодаря наличию структуры возможно найти  
рационального или оптимального решения при  
этом выдвигается требование найти оптимально  
выбранную операцию.

## 1.2 Эффективность операции функционирования технических средств

Эффективность операции - степень ее приспособленности к решению задач, ~~выполнению~~ поставленных перед этой операцией

Эффективность техн. средств - степень их приспособленности к решению задач тех операций, в которых они используются

По операции для техн. ус-в - в процессе процесс функционирования этого ус-ва при выполнении задач операцией, в которых оно используется.

Объемностью ЦО является то, что эти методы позволяют осуществлять поиск маршрута, в которых осуществляется определенная цель

В исследованиях операции для максимизации оценки эффективности операции вводят числовые показатели эффективности (критерии), позволяющие количественно оценить выбранную стратегию и найти оптимальное решение с т.к. значение этого показателя

Показатель эффективности должен четко отвечать цели, преследуемой в данной операции. Это - макс. эффективность цели, преследуемой в данной операции. Также макс. затраты должны быть одни

Т.е. при решении задач ~~дан~~ искомой операции учитывают параметры деятельности, случайные и постоянные, но в кач-ве показателей эффективности используются эти типы показателей.

- 1) Вероятность какого-либо события;
- 2) наличие отладки некоторого величина.

Примеры выбора показателя эффективности

Контроль РЛС. Ослепление - заданное  $\gamma$  - во  
и функции обнаружения. Модаль летат. аппа-  
рат.

Цель операции: обнаружение объектов в  
заданном  $\gamma$  - во.  
Критерий эффективности (показатель) - вероят-  
ность обнаружения летат. объектов.

### 1.3. Методология решения задач исследования операций.

Этапы решения задач:

#### I. Описание операции.

Выделяется предмет операции, вводятся ограничения в задачу, описываются условия проведения операции, выделяются управляемые и управляемые параметры.

#### II. Определение цели, которую необходимо достичь в данной операции.

По описанию цели производят

#### III. Выбор числового показателя эффективности (критерия).

#### IV. Построение математической модели операции:

Зависимость показателя эффективности  $W$  от управл. парам.  $\vec{X}$ , внутр. парам.  $\vec{Y}$ , усло-  
вий управления и окружающей среды.

$$W = F(\vec{X}, \vec{Y}, \text{условия, окружающая среда}).$$

$F$  - целевая функция.

- 1) Вероятность какого-либо события;
- 2) наличие отрицательных значений величины.

Примеры выбора показателя эффективности:

Космическое РЛС. Основная задача - про-во  
и дальнейшее обнаружение объектов летат. аппара-  
та

Цели операции: обнаружение объектов в  
заданном про-ве  
критерий эффективности (показатель) - вероят-  
ность обнаружения летат. объектов.

### 1.3. Методология решения задач исследования операций.

Этапы решения задач:

#### I. Описание операции.

Выделяется объект оперирующей стороны,  
вводится ограничение в задачу, описыва-  
ются условия проведения операции, выделя-  
ются управляемые и управляемые  
параметры

#### II. Определение цели, которую необходимо достичь в данной операции.

На основе цели производят  
выбор искомого показателя эффективности  
(критерия).

#### III. Построение математической модели операции.

Зависимость показателя эффективности  $W$   
от управл. параметр.  $\vec{X}$ , внутр. параметр.  $\vec{Y}$ , усло-  
вий окружающей и окружающей среды

$$W = F(\vec{X}, \vec{Y}, \text{условия, ограничения})$$

$F$  - целевая функция.

Оптимальность могут накладываться как на отдельные параметры, так и на комбинацию параметров (в виде  $zr-d$ )

IV. Анализ построенной модели с использованием методов поиска макс/мин функции при изменении обратных наборов заданных параметров

На основе получ. коллективных данных выбирается оптимальное решение, когда  $W_{max}$  т.н.

ЛПР - лицо, принимающее решение.

ЛПР из всех вариантов  $W$  принимает наиболее рациональную стратегию (каждый из вариантов является оптимальным), т.н. оно может быть денежное, прочее и др.

### 1.4 Модель операции. Требования к модели

Будем строить модель следующей операции: стрельба одиночным БП по одиночной цели.



Здесь работает компьютерная система, решающая задачу. Система включает в себя задачу - вывести БП по оптимальную траекторию.

Но траектория является случайной.

#### 2. Анализ.

Задача: по полученной траектории выбрать оптимальную точку выстрела и на основании этого

3. Исчислительное устройство

8. При построении модели такой структуры необходимо учесть все существенные факторы, влияющие на исход операции.

- а) X-ки системы наведения (точность наведения),
- б) X-ки АЦУС (ширина ДИ, дальность зенитной стрельбы),
- в) X-ки ЦУ (масса снарядов, их размеры и т.д.).

Кроме основных могут быть предусмотрены и второстепенные факторы (метеоусловия, износимости ДИ и т.д.) при необходимости их также учесть.

Часть факторов детерминированы, а часть случайные.

9. Условия проведения операции.

- скорости,
- высоты,
- дальности;
- размеры

Условия проведения операции часто являются неотъемлемыми и задаются диапозоном условий.

Также сюда включаются параметры цели для некоторых целей параметры также неотъемлемые.

Условия операции должны учитывать все основные факторы, влияющие на исход операции, но не должны быть лишними, тем что необходимо для решения поставленной задачи.

10. Цель операции - поражение целей. Атака. Помощь в осуществлении - вер-ть поражения цели летательного аппарата.

#### IV. Ограничения модели:

- стоимость,
- масса изделия,
- ограничения на  $x$ -ки АИУС,
- и т.д.

#### V. Построение математич. модели.

$$W = F \left\{ \begin{array}{l} x\text{-ки СИ, } x\text{-ки АИУС, } x\text{-ки ВУ, } \text{услов. Вспр. и,} \\ x\text{-ки ПД; } \text{огранич.: стоимость, масса} \end{array} \right\}$$

### Глава 2 Рассеивание траекторий Описание работы системы навигации

#### 2.1 Причины рассеивания траекторий.

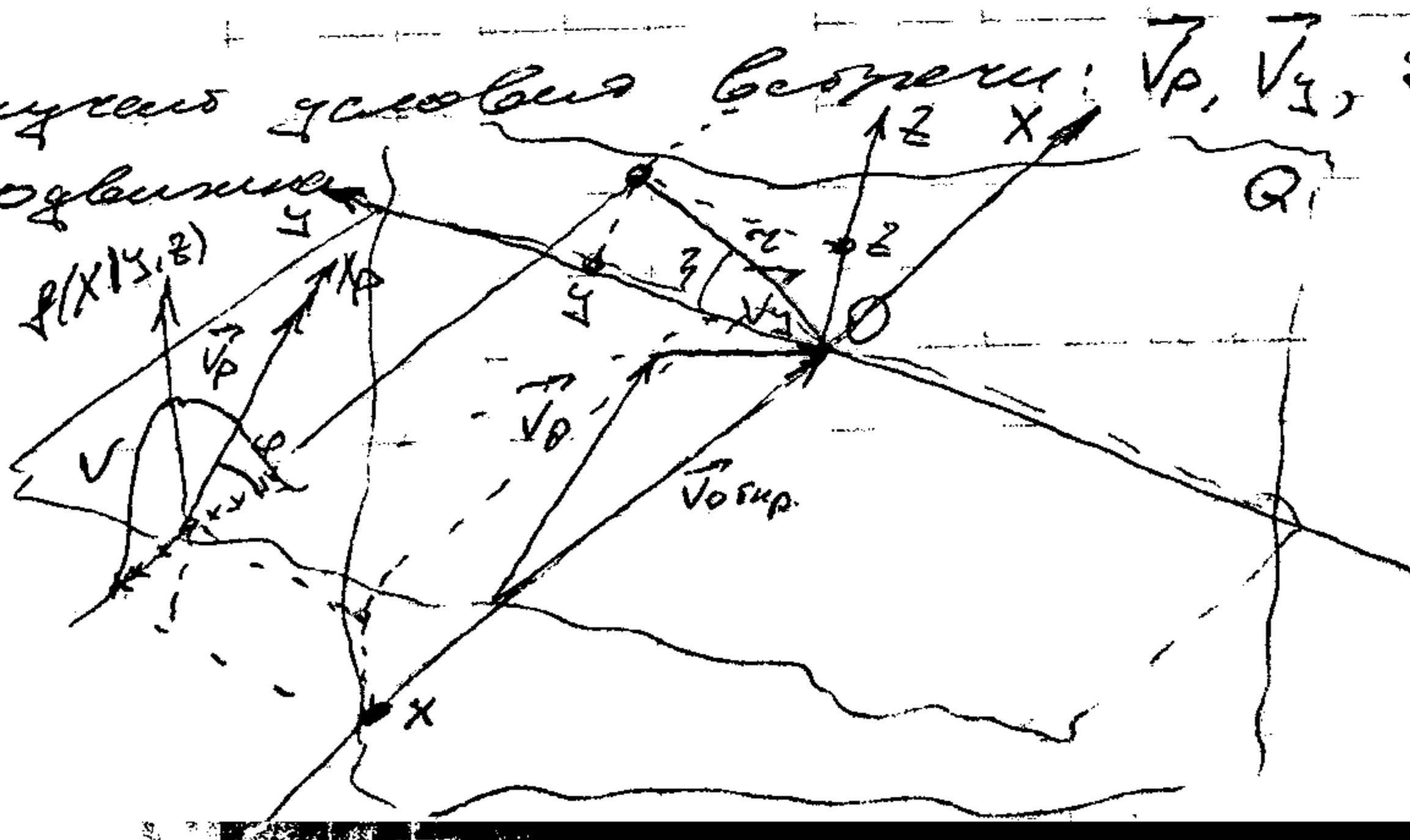
При проведении реальных испытаний траектории перемещения изделия всегда отличаются от расчетных. При этом говорят об рассеивании траекторий. Оно обусловлено влиянием случайных факторов:

- производственное разбросы изделия;
- неточное определение координат, скорости цели;
- влияние вибраций условий;
- влияние погод факторов и т.п.

### Листы

#### 26 Закон рассеивания для обьектов случая.

Рассм. случай условия Вспречи:  $V_p, V_z, \alpha < 90^\circ$   
цель неподвижна





$f(x|y, z)$  - закон распределения координаты срабатывания взрыв траектории  $(y, z)$ .

Этот распределение может быть описано либо нормальным з.р. либо равномерным з.р.

При решении многомерных задач вместо самого закона записывают его числовые х-ки:

$\bar{x}(y, z), \bar{x}(z, z)$  - н.о.,  
 $\sigma_x(y, z), \sigma_x(z, z)$  - с.к.о.

Вид закона рассеивания  $\varphi(x, y, z)$  или  $\varphi(x, z, z)$  будет определено комбинацией законов:  $\varphi(y, z)$  или  $\varphi(z, z)$  и  $f(x|y, z)$  или  $f(x|z, z)$ , т.е.:

$$\varphi(x, y, z) = \varphi(y, z) \cdot f(x|y, z);$$

$$\varphi(x, z, z) = \varphi(z, z) \cdot f(x|z, z).$$

## 2.7. Область срабатывания АИУС

- Основная х-ка АИУС, с помощью которой математически описывается работа АИУС в задачах оценки эффективности конструкции.

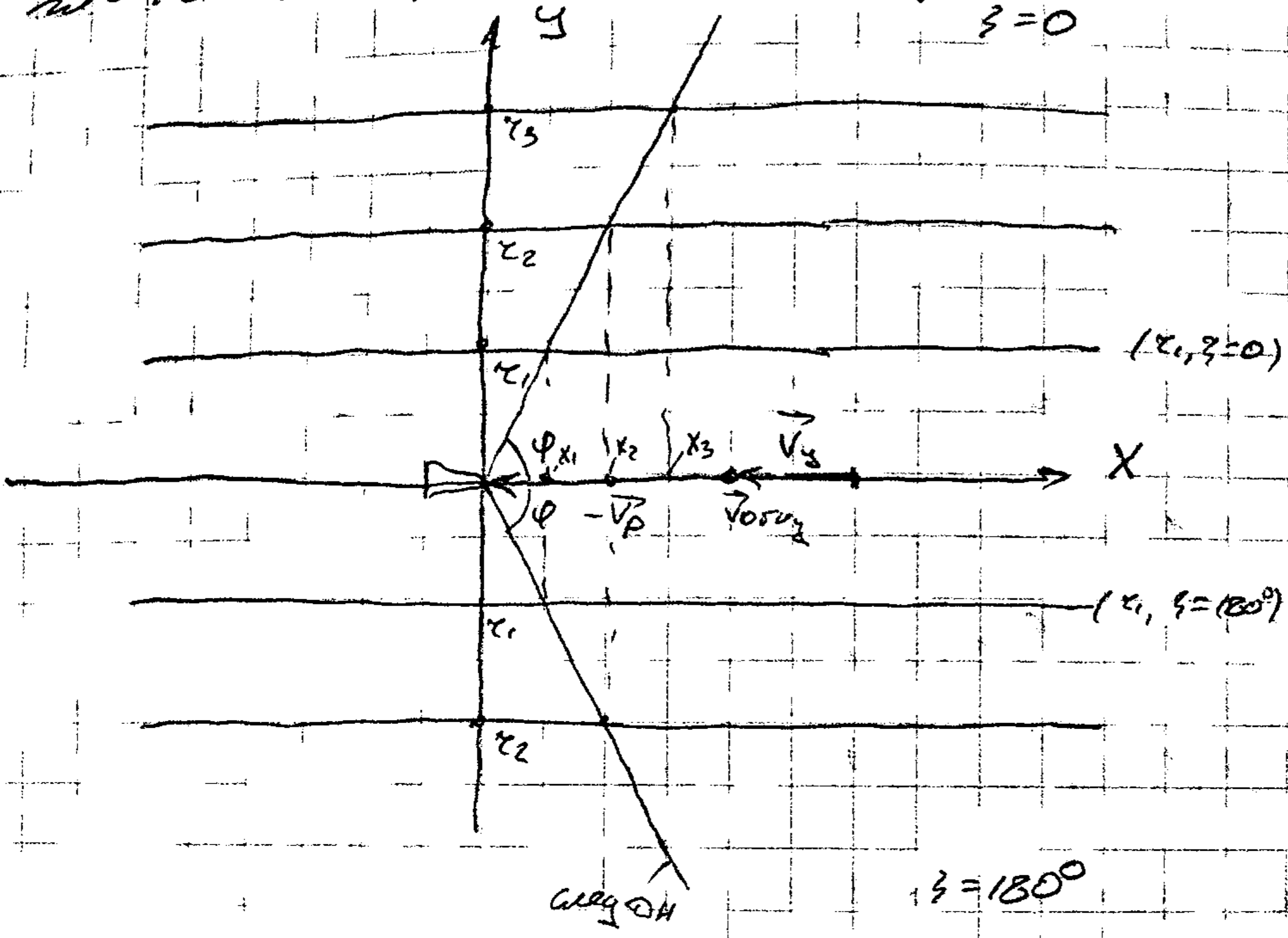
Под областью срабатывания АИУС понимаются пр-во вблизи изделия (вблизи цели) при попадании в которое центра цели (центра изделия) происходит взрывная реакция и АИУС на исполнительное устройство.

В общем случае при описании условий взрыва в задаче о.о.м. относит. скоростей область срабатывания (ОС) - сложная пространственная фигура.

Если рассматривать один вариант условий взрыва, определяемый соотношением относительных скоростей и большим мал-вом эрректности, то это тоже сложная пространственная фигура.

В случае параллельного курса, если полагать zero точкой, диаграмма АЧХ - линия, то область работывания - пространственный конус.

Обычно расем. не в целом ОС, а её сечения в м-ти  $V$  скоростного треугольника.



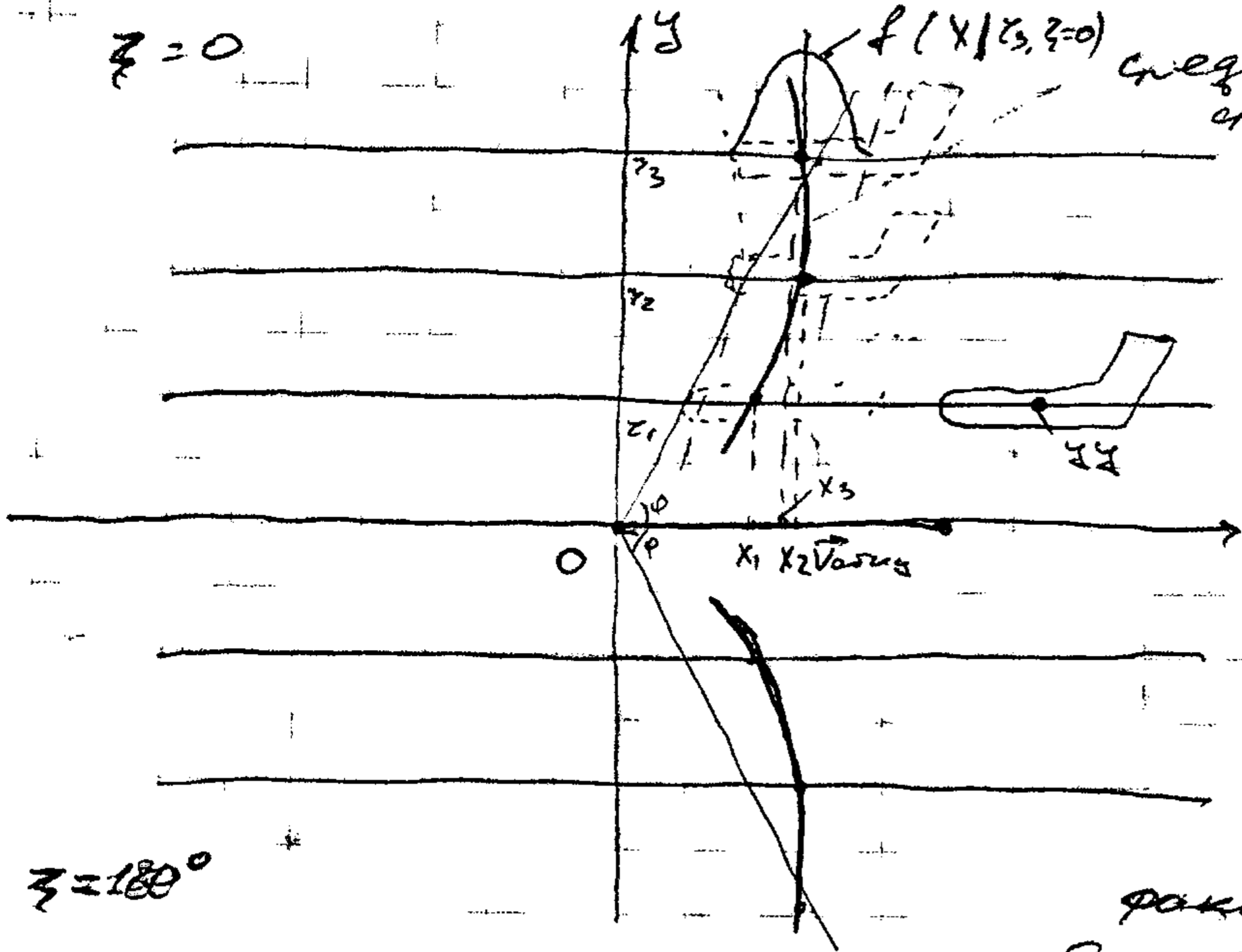
В зависимости от траектории координаты выданы команды  $x_{12}$  и  $y_{12}$  от  $z$  от  $z_{12}$ .

В данном случае для  $z=0$  и  $z=180^\circ$  координаты выданы команды  $x_{12}$  и  $y_{12}$  будут  $\varphi$ -челы плана.

Здесь область работывания совпадает со следом  $QH$  и представляет собой конус в  $x-y$  ве.

Рассмотрим параллельный курс с целью конечных размеров и  $QH$  АЧХ - линия.

$\xi = 0$



спецная линия  
срабатывания

Т.к. расстояние  
по курсу больше,  
то ориентировочный  
сигнал может  
быть менее интенсивен  
и может происходить  
задержка  
цели в ДН.

$\xi = 180^\circ$

С учетом случайных  
факторов специальная  
линия срабатывания  
размещается

для каждой траектории  
свойственного распределения  $f(X|z, \xi)$

Для  $\xi = 180^\circ$  картина будет симметрична.

По закону ВБ об  $f(X|z, \xi)$  можно провести границу  
зоны срабатывания.

То получим область срабатывания АИУС  
внутри границы вращения вокруг осей.

Рассмотрим случай неперпендикулярного курса.  
Условия встречи в этом случае от-ся зависят  
лишь от относительных скоростей.

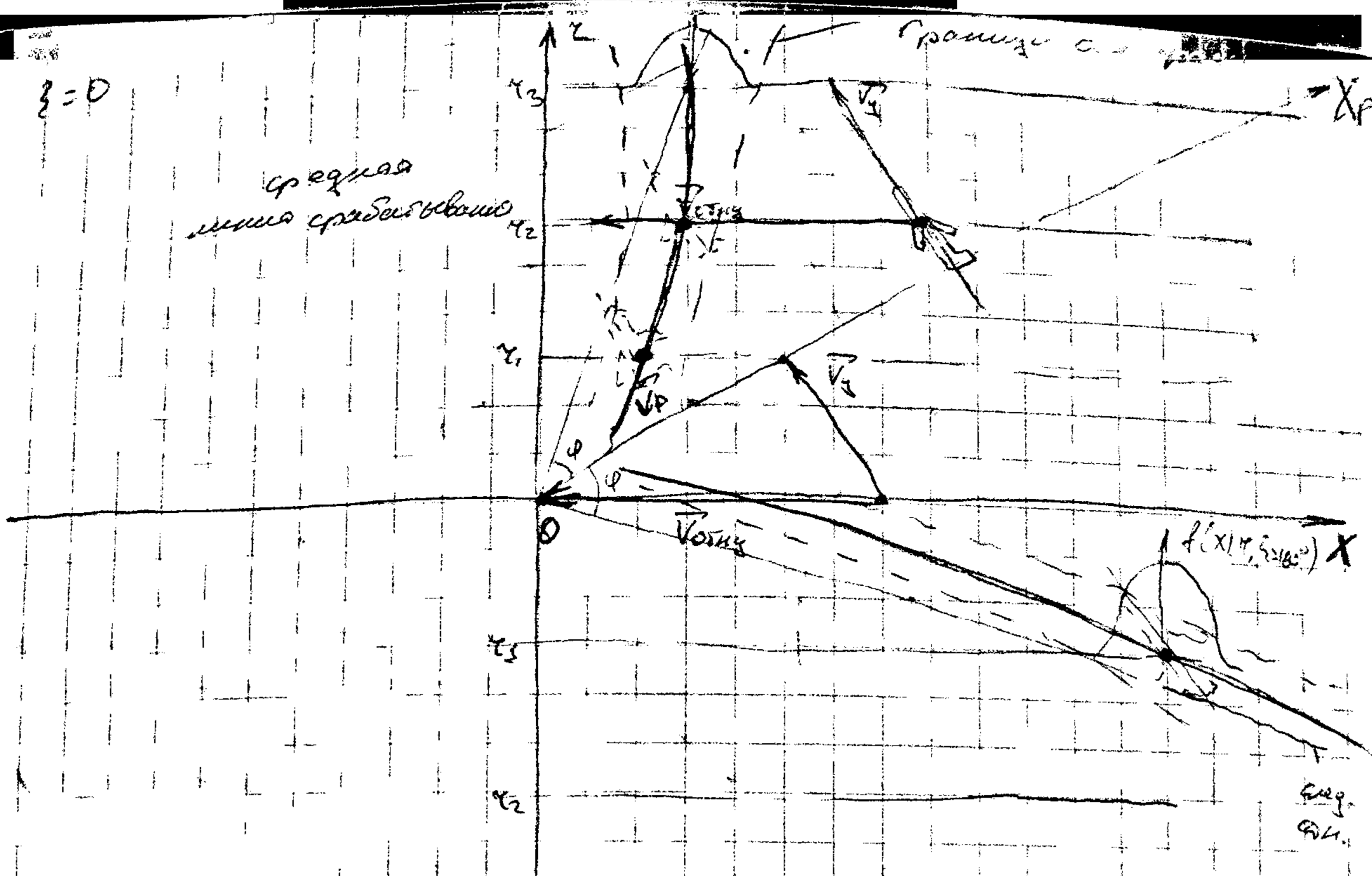
Задача:  
УВ  $\begin{cases} \vec{v}_p, \vec{v}_y \\ 0 < \alpha < 90^\circ \end{cases}$

АИУС.  $\varphi = const$

Построить  
сечение области  
срабатывания АИУС

$\xi = 0$

средняя линия срабатывания



$\xi = 180^\circ$

Г.О. лучшим сечением области срабатывания для  $\xi = 0^\circ$  и  $\xi = 180^\circ$ .

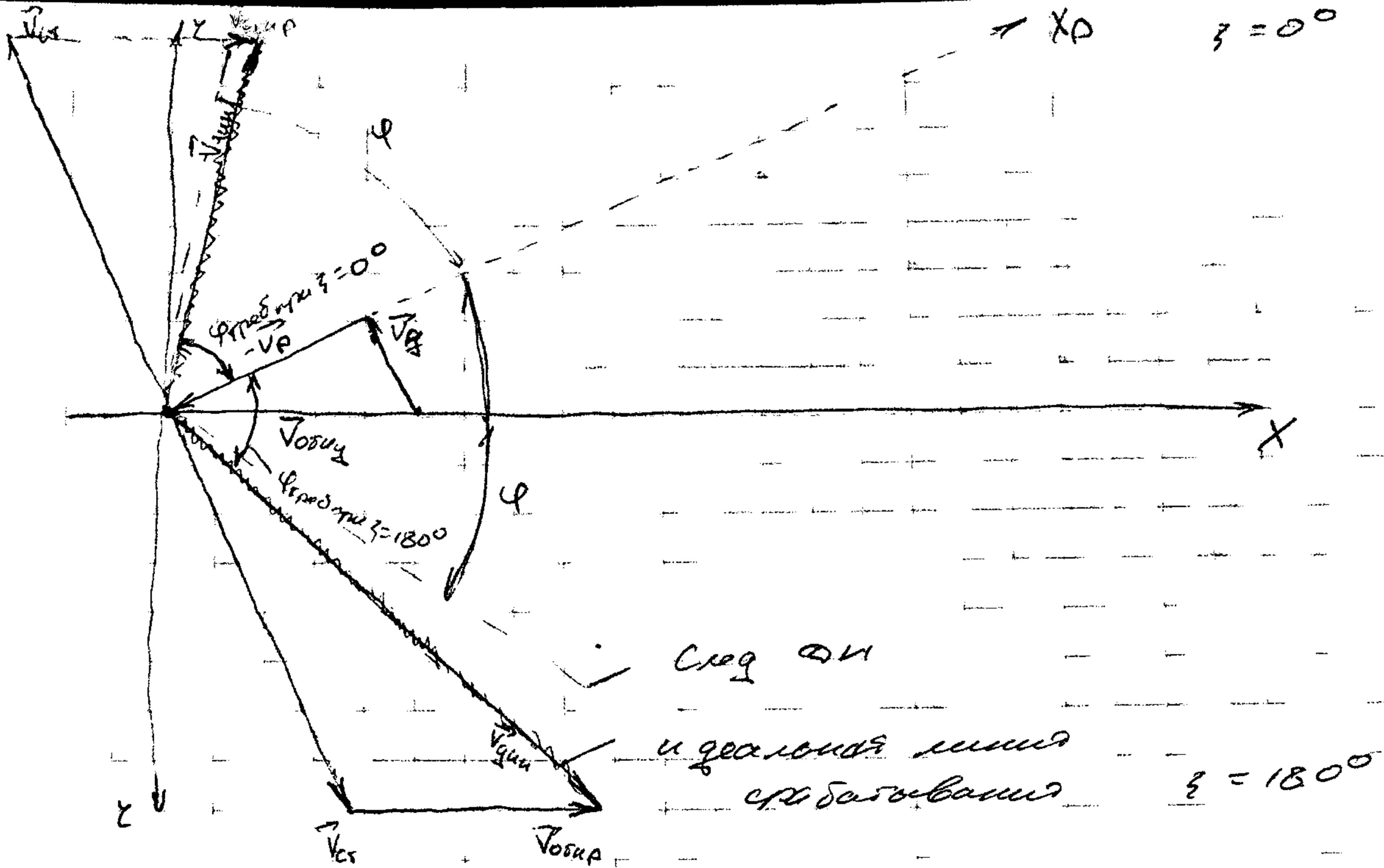
Отметим нелинейность области срабатывания для разных углов  $\xi$ . Средняя линия срабатывания при увеличении угла  $\xi$  и может пересекать ее при больших углах, что связано с уменьшением отрицательного сигнала Г.е. средняя линия срабатывания АЧУС - не прямая линия с увеличением угла разброс коэф. срабатывания в зоне  $f(x, y, z)$  увеличивается.

Идеальная средняя линия срабатывания.

Некоторые данные

УВ  $\left\{ \begin{array}{l} \vec{V}_1, \vec{V}_2 \\ 0 < \alpha < 90^\circ \end{array} \right.$ , цель - точка  
 АЧУС  $\varphi = \text{const}$   
 ЧУ:  $\vec{V}_{0T}$

Определить идеальную среднюю линию от  $\xi = 0^\circ$  до  $\xi = 180^\circ$



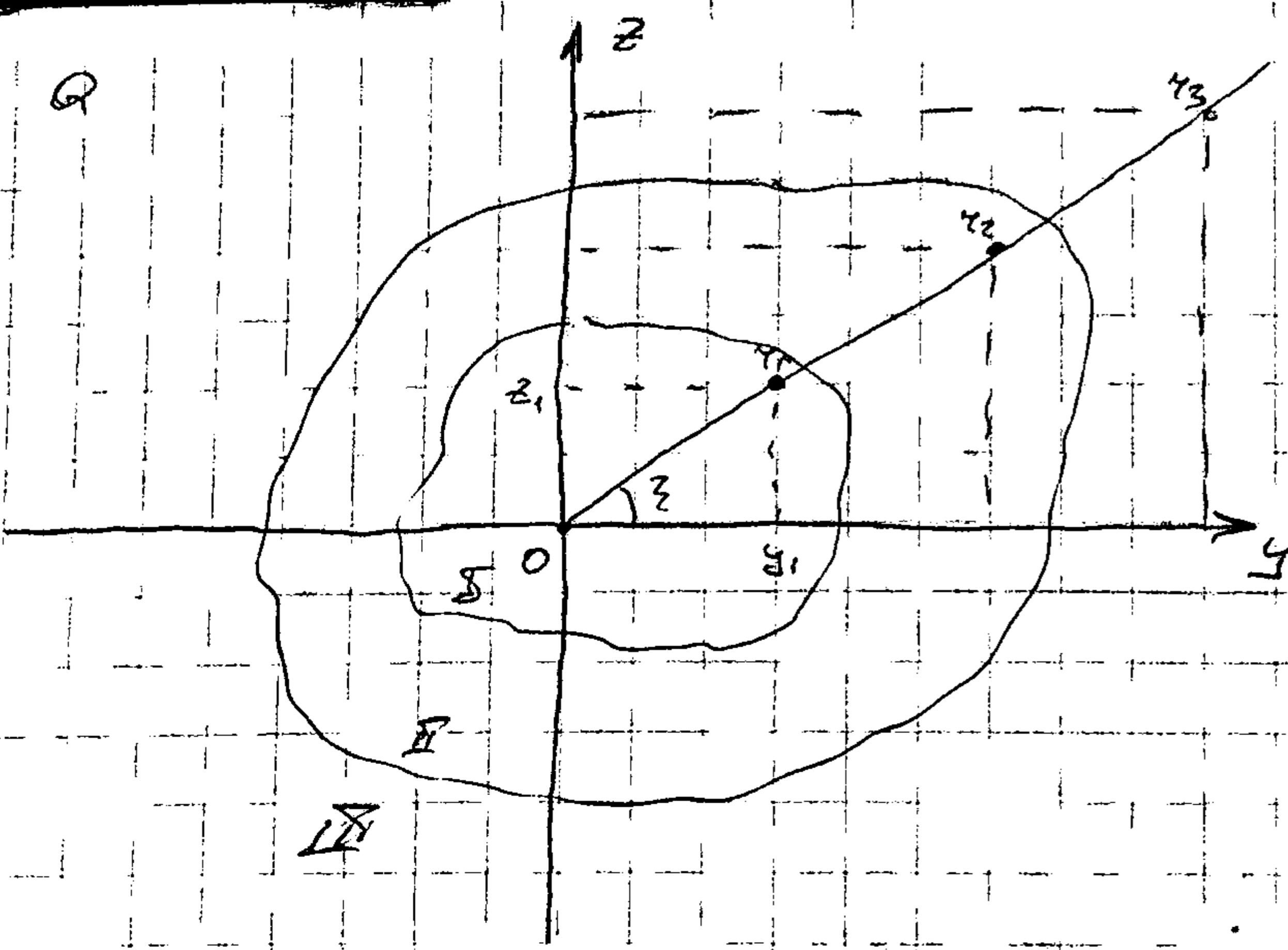
Идеальная линия среднотечения совпадает по направлению с  $V_{ср}$ .

След ДН не совпадает с этой линией. Возрешив эту ошибку возможно "переносом" ДН, что приведет к совпадению следа ДН и идеальной линии среднотечения.

Реальная средняя линия среднотечения существует но отличается от идеальной. При  $\zeta=0$  происходит заозгование в работе АИЭС по сравнению с ИЭС, а при  $\zeta=180^\circ$  - опережение

Зона действия АИЭС.

Распределение проводя в картинной плоскости  $Y O Z (Q)$



Параметрами в возможных траекториях:

- $(\tau_3, \xi)$
- $(\tau_2, \xi)$
- $(\tau_1, \xi)$

Выделим зоны на картинной м-ти;

I - зона безусловного срабатывания АУЭС

$P_{ср}(\tau_3, \xi) = 1$ ;  $U_{обр\tau} > U_{пор}$ .

II - зона вероятностного срабатывания АУЭС

$0 < P_{ср}(\tau_2, \xi) < 1$ ;  $U_{обр\tau} \in U_{пор}$

Здесь на работу АУЭС существенно влияют случайные параметры.

III - зона отказов

$P_{ср}(\tau_1, \xi) = 0$ .

I, II - зона действия АУЭС.

При определении размеров зоны действия АУЭС ее аппроксимируют кругом с учетом весовых к-тов  $P_{ср}(y, \xi)$  или  $P_{ср}(\tau, \xi)$ :

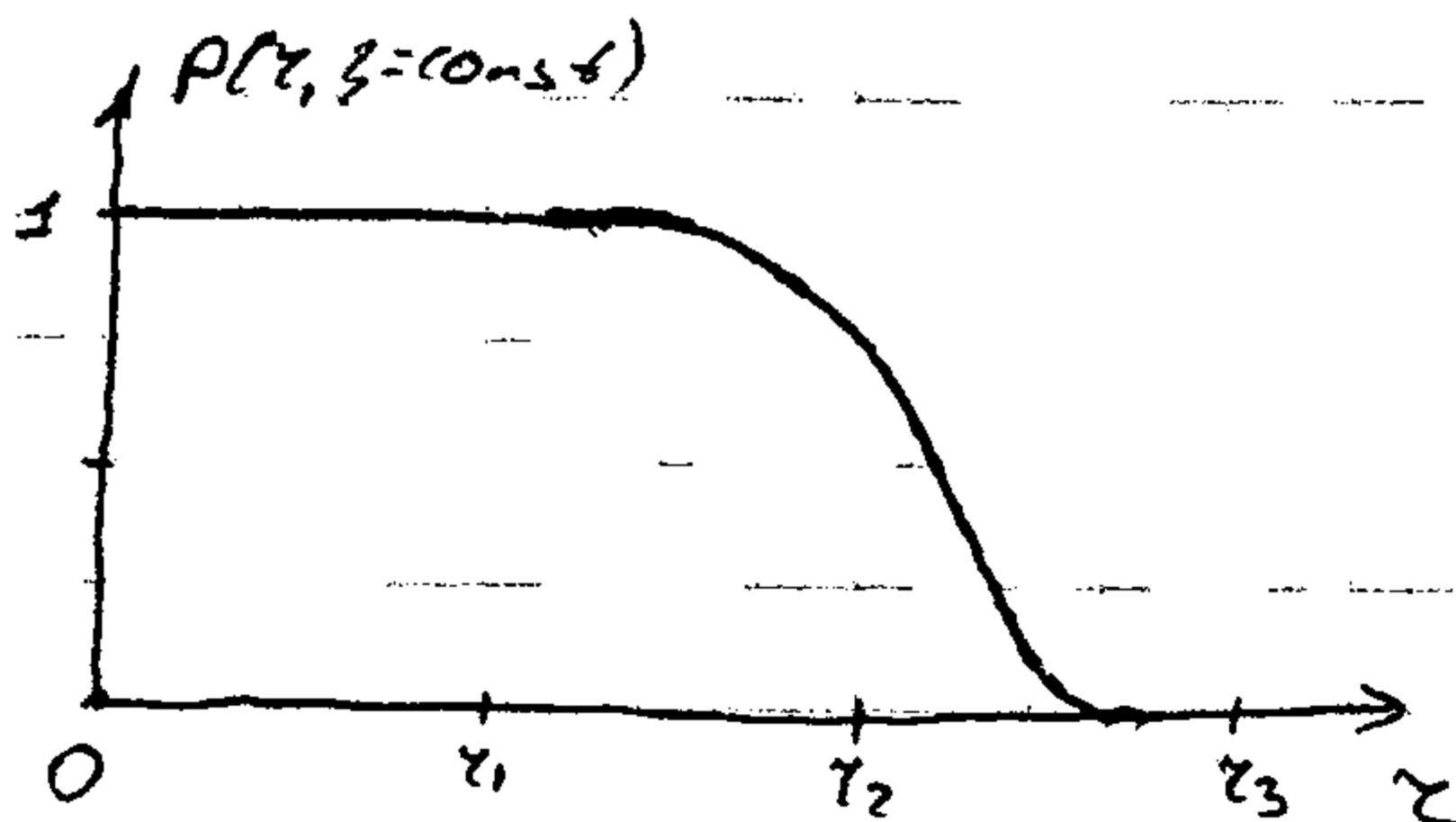
$$S_{\text{зрб}} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} P_{ср}(y, \xi) dy d\xi = \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} r \cdot P_{ср}(r, \xi) dr d\xi$$
 - площадь круга

Тогда радиус зейделя АЦУС:

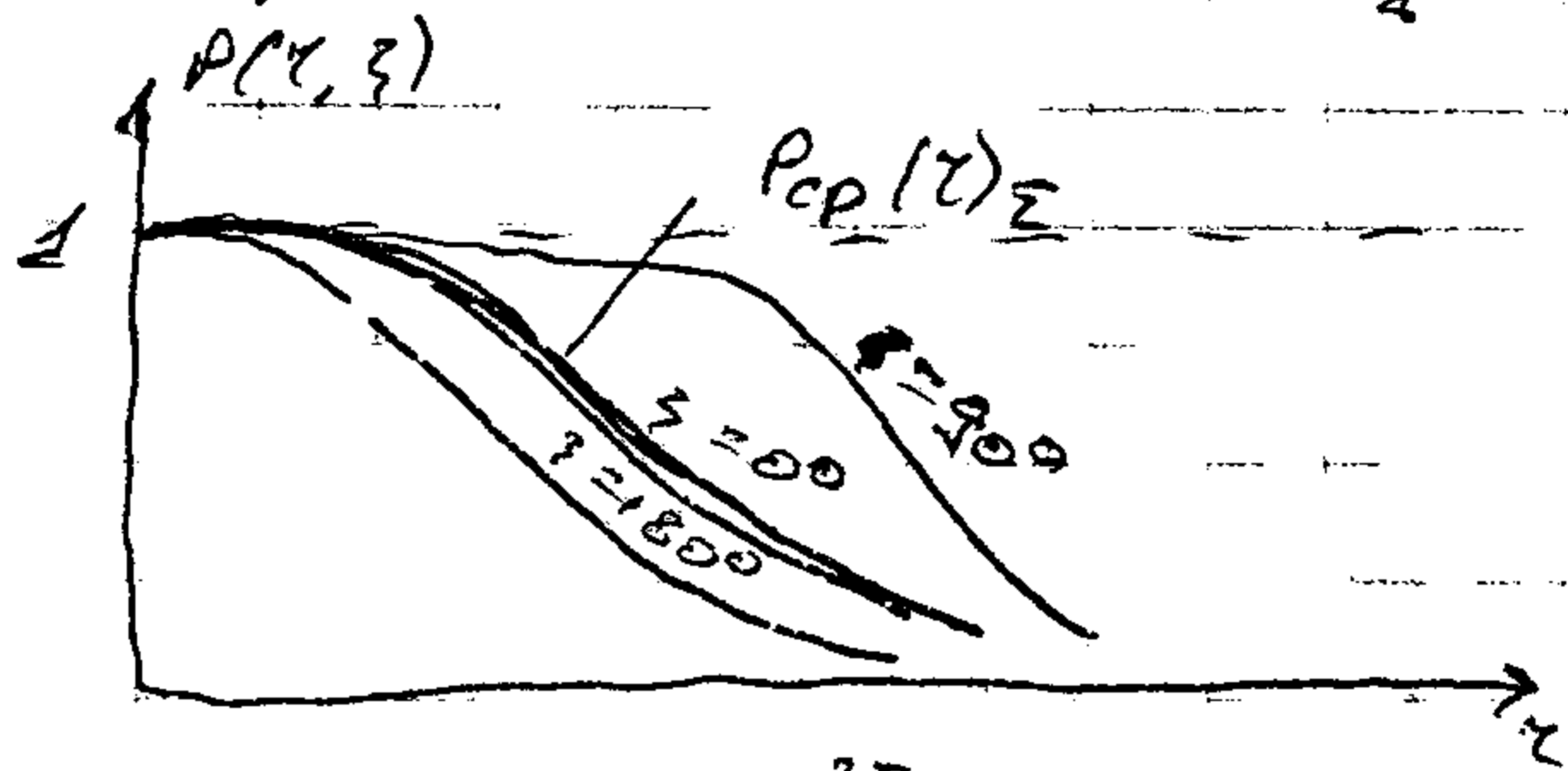
$$r_g = \sqrt{\frac{S_{\text{зкв}}}{\pi}}$$

Вероятностная характеристика АЦУС  
(Отказная характеристика АЦУС)

Для определенного угла  $\xi$  может быть построена следующая характеристика:



Для разных  $\xi$  собирают эти х-ки на одной графике и собирают затем находят усредненную по  $\xi$  х-ку.



$$P_{cp}(r)z = \int_0^{2\pi} f(\xi) P_{cp}(r, \xi) d\xi$$

- это х-кой по формуле  
на практике

$$P_{cp}(r, \xi) + P_{отк}(r, \xi) = 1$$

$$P_{отк}(r, \xi) = 1 - P_{cp}(r, \xi)$$

- Отказная характеристика АЦУС.

В задаче оценки эффективности конструкции работа АЦУС описывается своей областью работоспособности и её основными характеристиками:

1) Законом роста  $\rho$  координат работоспособности на графике  $f(r, \xi)$  и  $f(y, \xi)$

а) вероятностью работоспособности на графике  $P(r, \xi)$  и  $P(y, \xi)$

# Методы получения областей срабатывания

8. На начальных этапах проектирования ОС получают расчетными методами.

- 1) Выполняется описание цели:
  - а) геометрические размеры;
  - б) описательные характеристики обшивки цели.
- 2) Описание АЦУС:
  - а) характеристики  $Q_{\text{н}}$ ;
  - б) маневренные характеристики цели;
  - в) выбирается  $\text{Цпор}$
- 3) Геометрическая модель взаимодействия.
- 4) Определение  $\text{Цогр}$  и сравнение с  $\text{Цпор}$ .

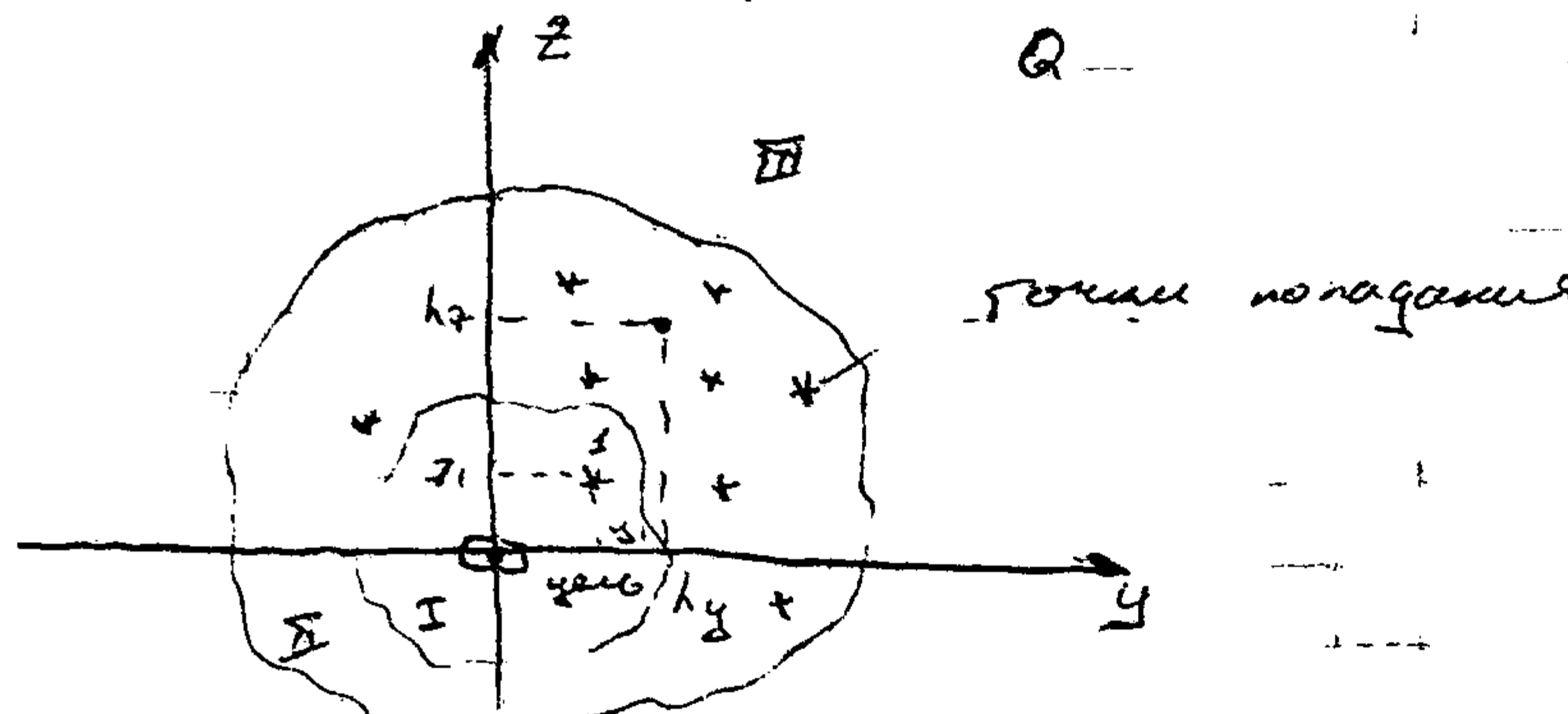
## II. Физическое моделирование

## III. Натурные и летные испытания

## Глава 3. Основные характеристики ЦУ в задачах оценки эффективности конструкции.

### 3.1 Координатный закон.

Расси картинку м-го  $Q$ .



$(h_y, h_x)$  - координаты центра рассеяния.



Расстояние  $r$  от координат  $(y_1, z_1)$ , близко расположенное к цели для находится в зоне безусловного поражения.

Координатной зоной поражения (КЗП) определяется вероятность поражения цели при подрыве БПВ в точке с данными координатами -  $G(y_1, z_1)$

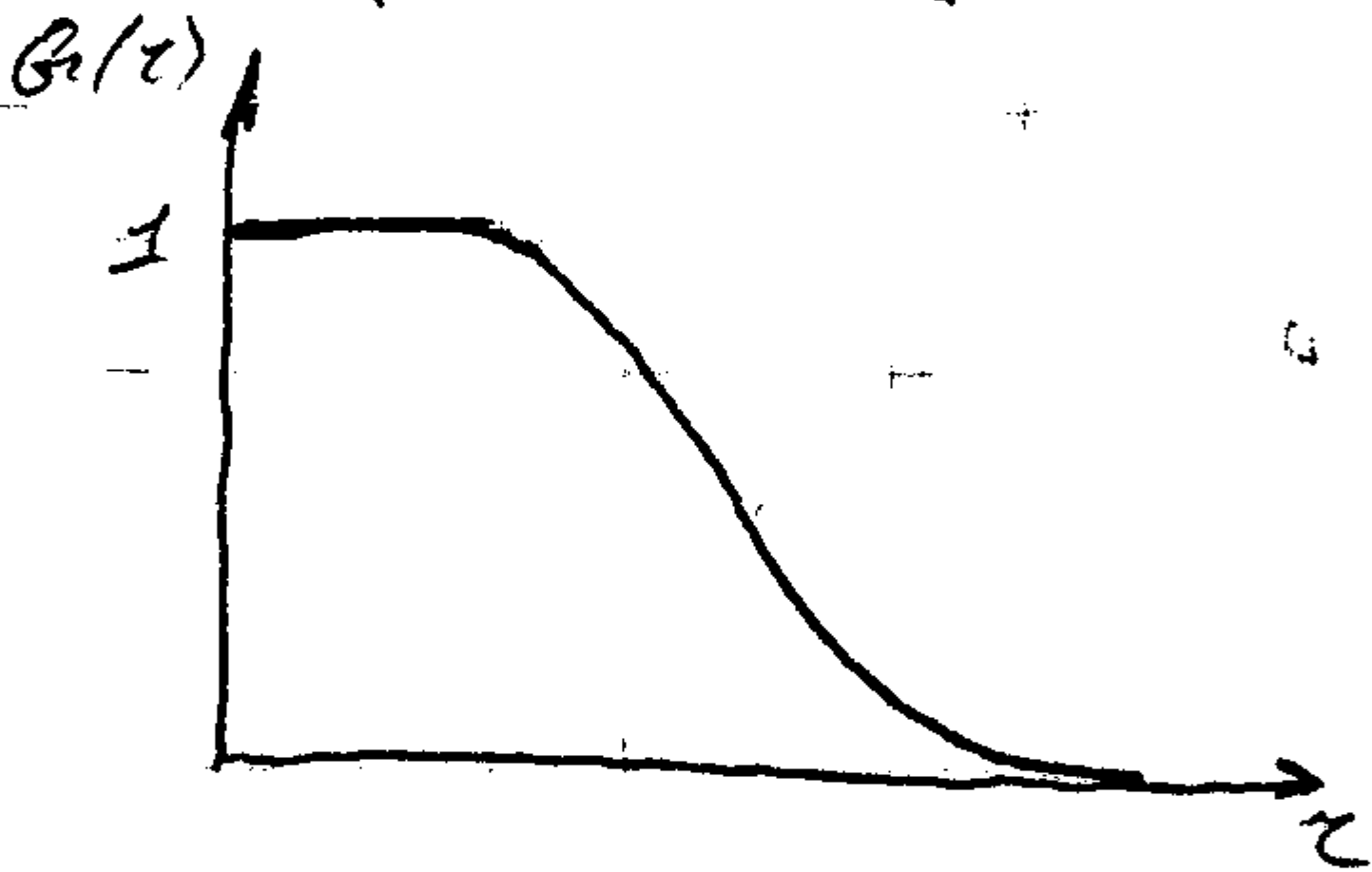
В зоне I  $G(y_1, z_1) = 1$ .

Область II - область вероятностного поражения цели.

Здесь:  $0 < G(y, z) < 1$ .

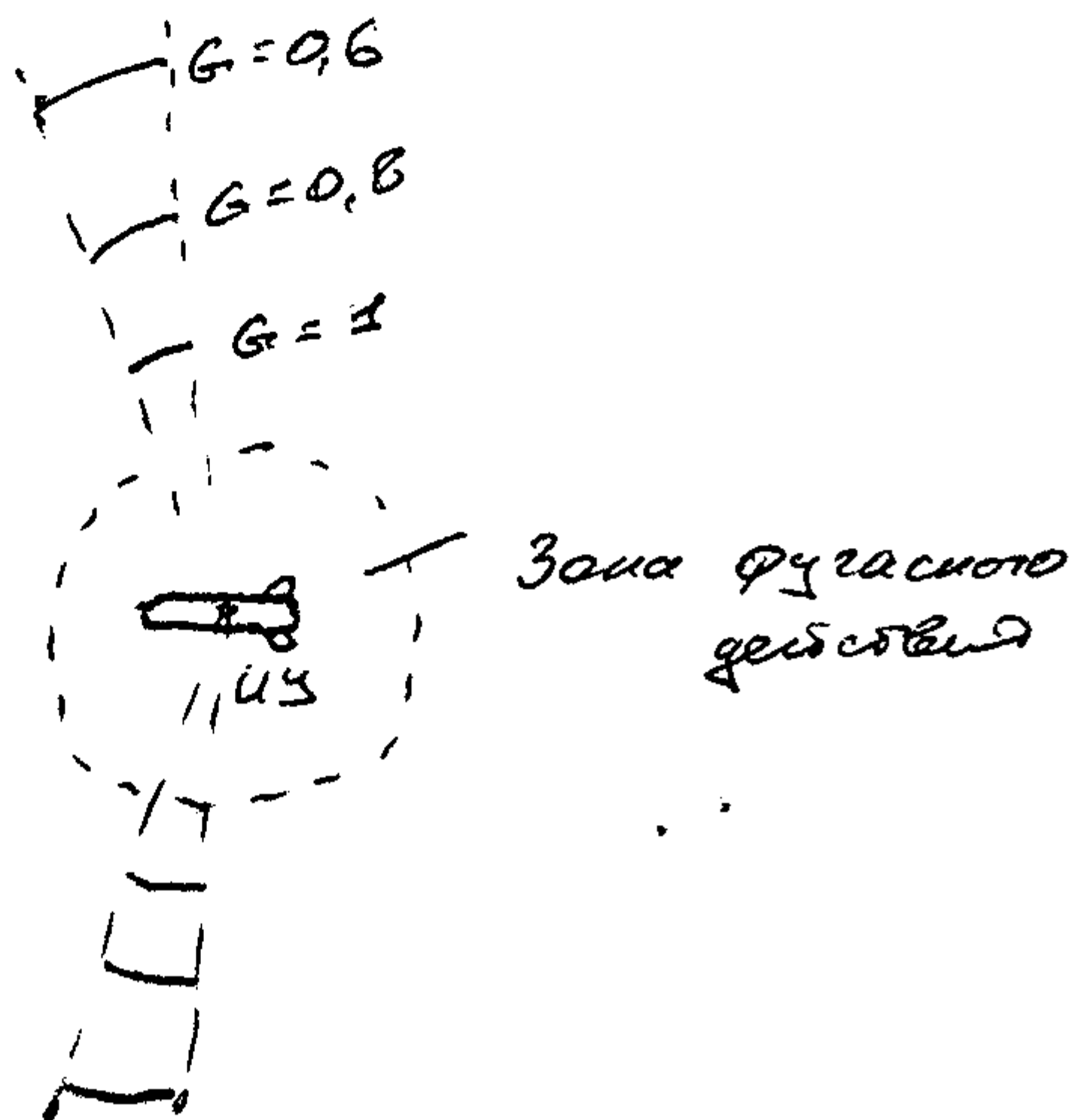
Область III - область непоражения цели

Здесь  $G(y, z) = 0$



Полученная область часто аппроксимируют кругом.

КЗП для обвального случая.



С увеличением расстояния КЗП  $G(x, y, z)$  уменьшается

### 3.2. Область регулирования ЦУ

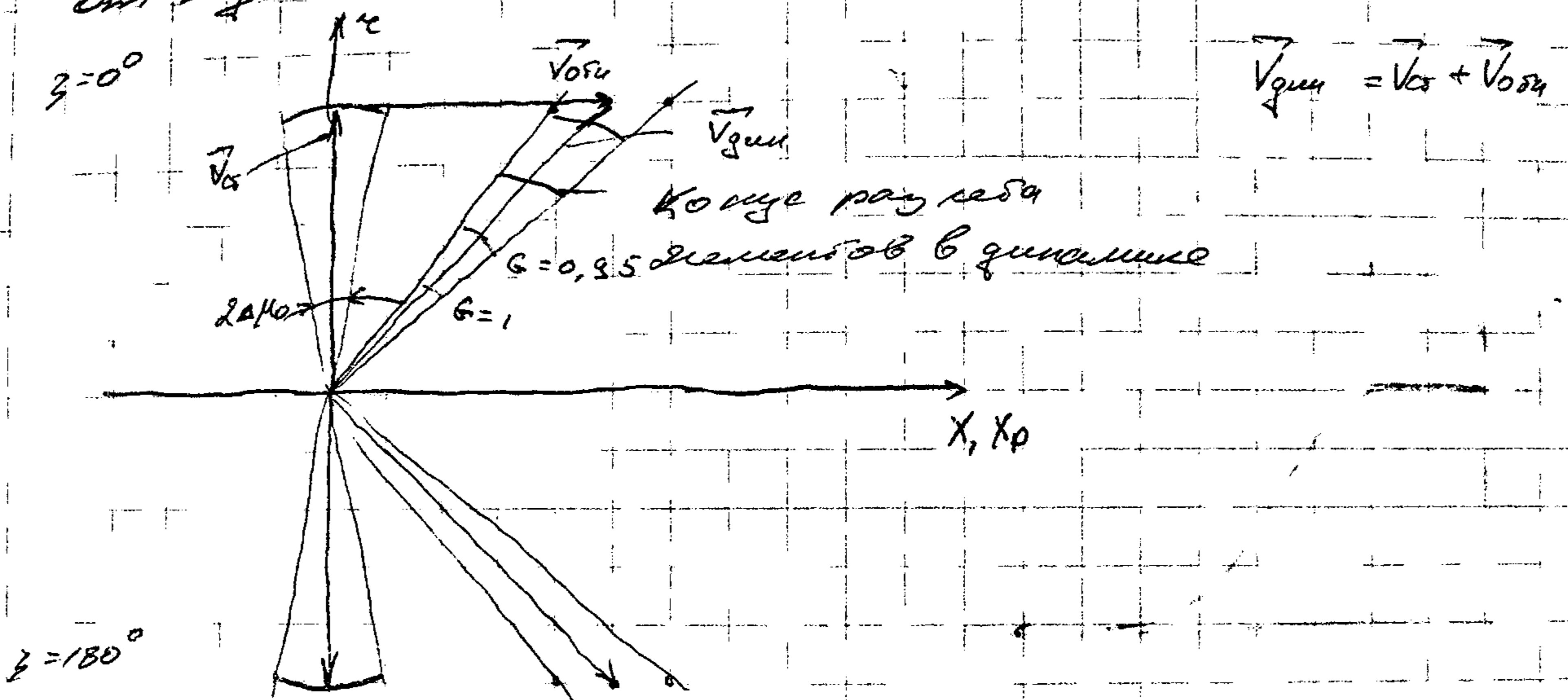
I. Рассмотрим  $\overset{ЗВ}{V_{огн}} = \cos \delta$ , параллельной курсу;

ЦУ  $V_{ог}$ ,  $\Delta \mu_0$

цель - точка

Определим область регулирования ЦУ.

Область регулирования ЦУ - пространство вблизи  $\overset{ЗВ}{\Delta \mu}$ , при повороте в котором цель КПВ отменяет от курса.



Если цель точка, то область регулирования совпадает с конусом разлета элементов в дивергенции.

При увеличении  $\delta$  КПВ  $G(\delta)$  будет уменьшаться.

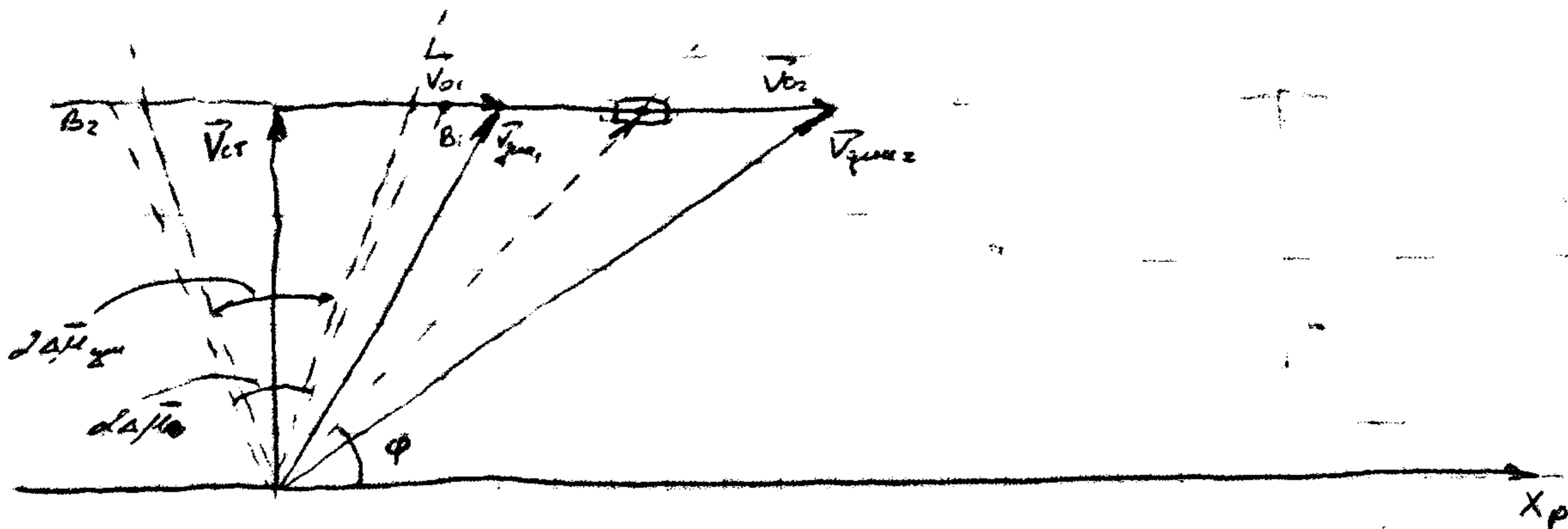
### 3.3 Определение требуемой ширины конуса разлета элементов (КРЭ).

ЗВ:  $\vec{V}_{ог1}, \vec{V}_{ог2}$

ЦУ:  $\vec{V}_{ог}$

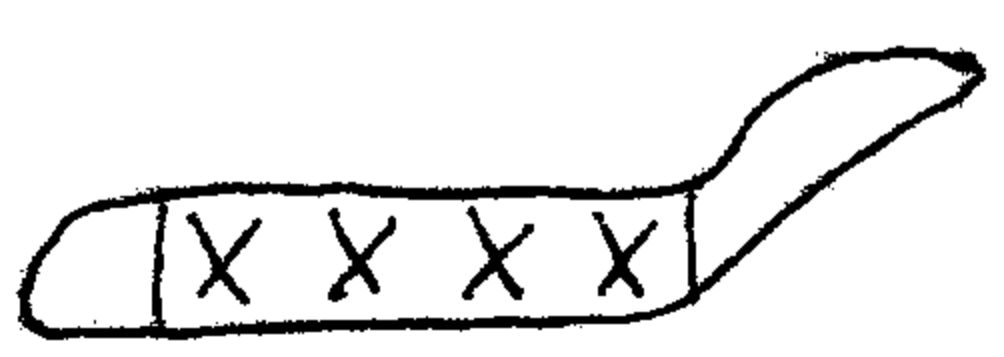
Поравнение цели по её центру (т.е. цель - точка)

Определим ширину конуса  $\Delta \mu_0$



3.3.1 Модель земли по параметрам.

- совокупность отрезков на земле, которые удаляются по отношению к данному виду БП



За счет учета модели земли по параметрам можно уменьшить массу разлета элементов до 80%.

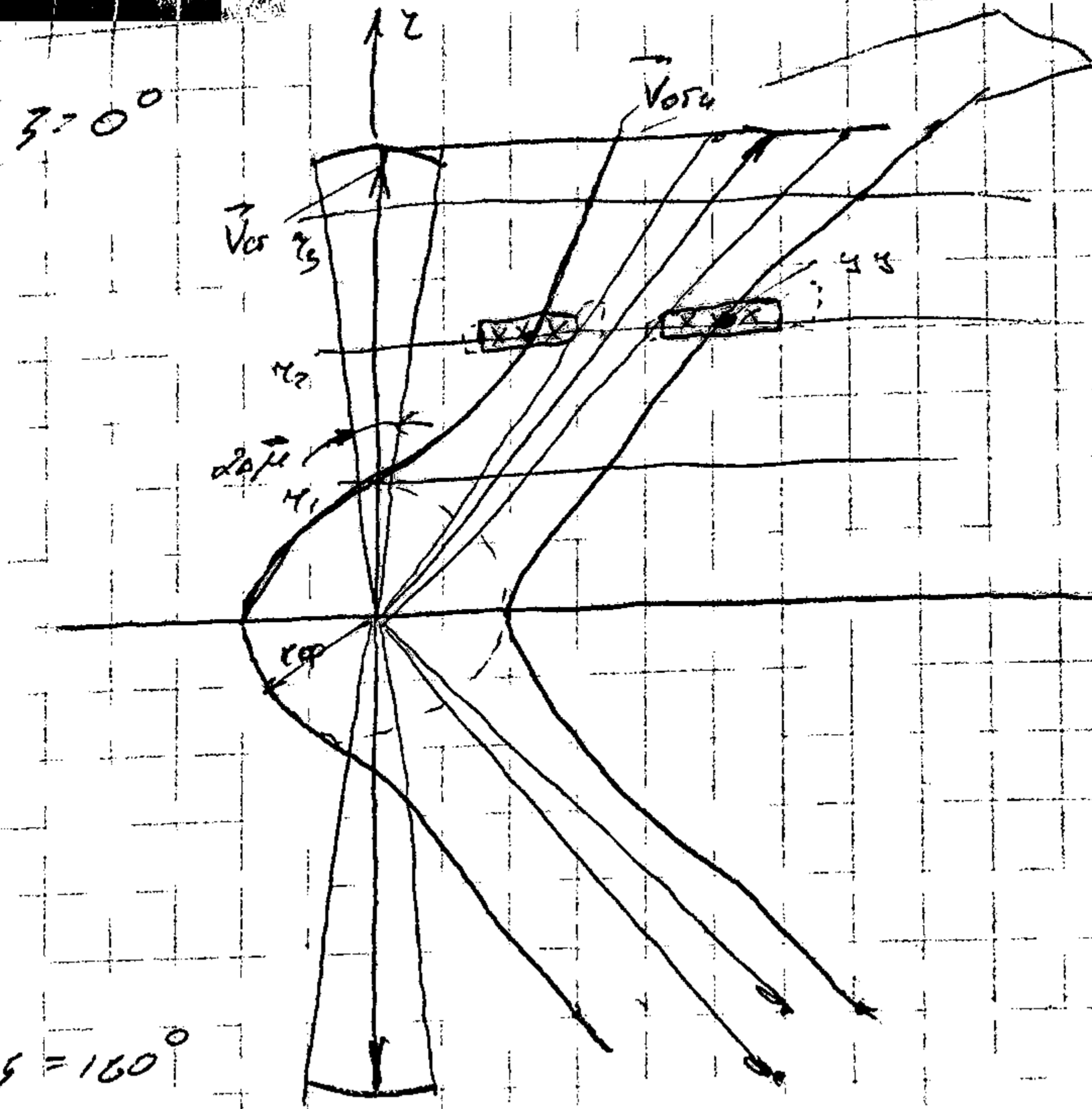
3.4 Область расширения ИУ с учетом модели земли по параметрам

ИВ:  $V_{01} = const$ , параллельной к курсу.

ИУ:  $V_{cs}$ ,  $\delta \mu$

цель. модель земли по параметрам

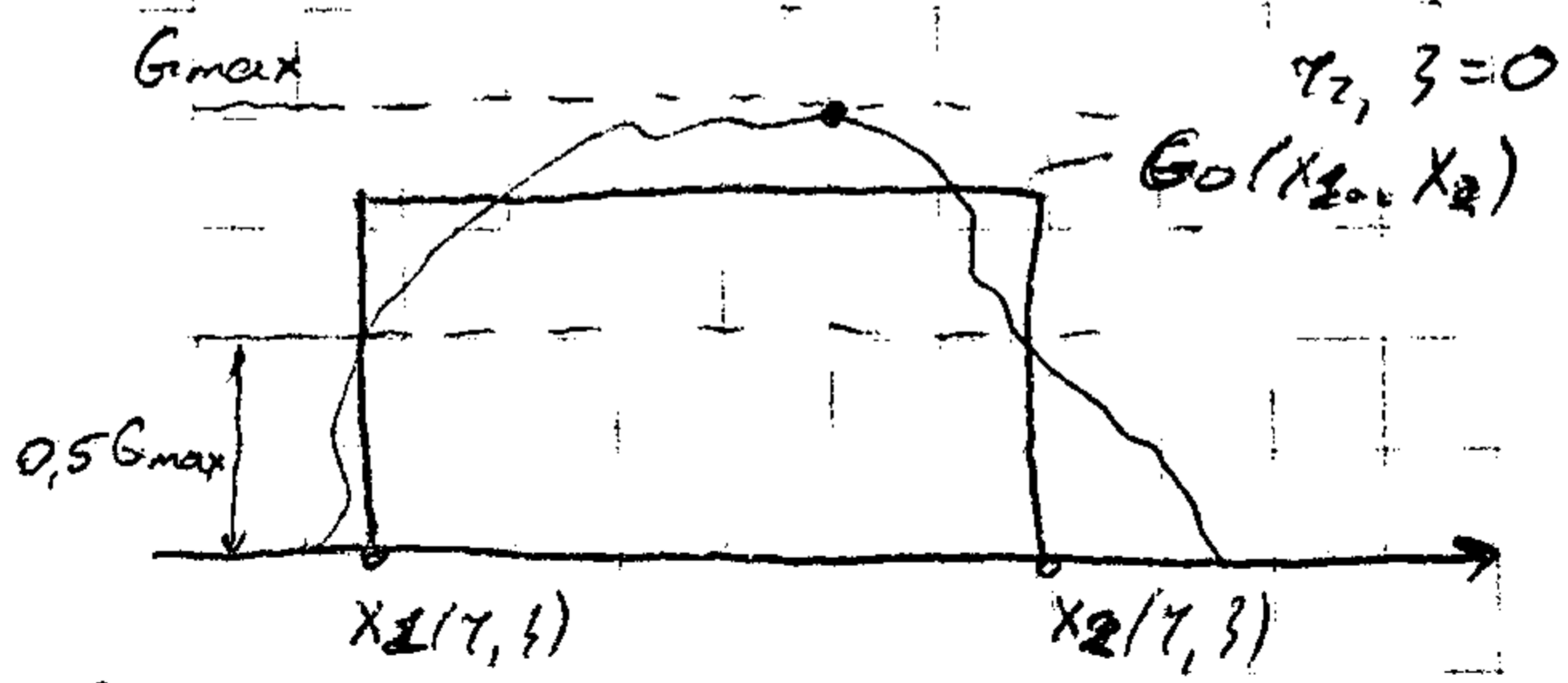
Определим область расширения ИУ.



Граница области  
напряжения  $u$

Границы области напряжений определены с  
учетом модели цепи по перемене (напряжения цепи).  
Проблемы КЗП  $G(x)$  здесь решаются несовпадают  
с КЗП для постоянной цепи.

Расши. решение по переменной.

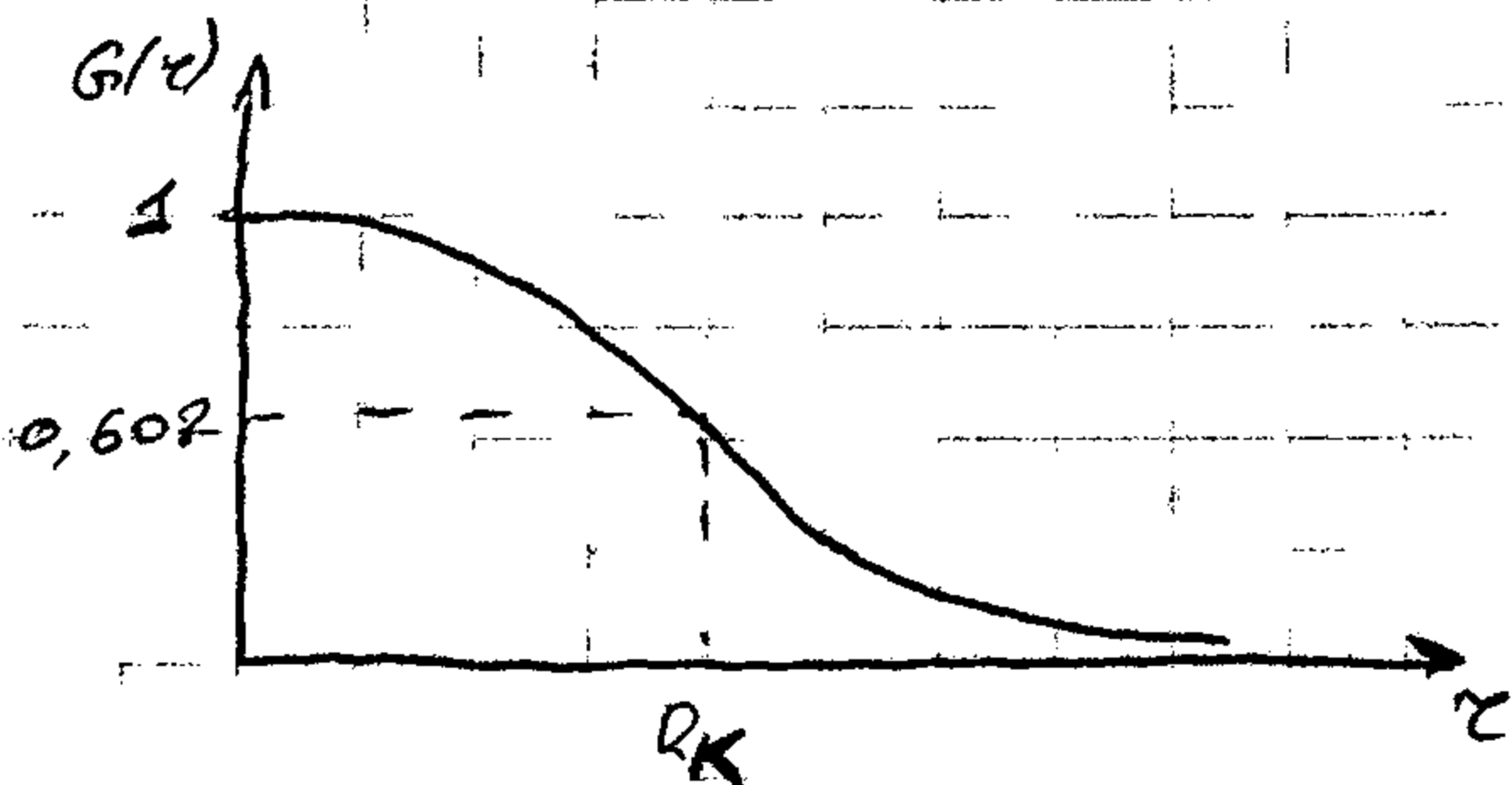


Вводится аппроксимация КЗП для малых  $\tau$  и  $z$ ,  
площадь которой равна площади под кривой  $G(x)$ .  
Координаты  $x_1(\tau, z)$ ,  $x_2(\tau, z)$  определяются из условия  
уровня  $0,5 G_{max}$  КЗП.

Тогда получаем координатный закон перемены:

$$G(x, \tau, z) = \begin{cases} G_0 [x_1(\tau, z_{max}) \dots x_2(\tau, z_{max})], \\ 0; & x < x_1, x > x_2. \end{cases}$$

Насколько уменьшится КПД при увеличении пролета.



Вспомогательная аппроксимация

$$G(r) = e^{-\frac{r^2}{2R_k^2}}$$

$R_k$  - ~~радиус~~ параметр аппроксимации

При  $R_k = r$

$$G(r) = e^{-\frac{1}{2}} = 0,607$$

При решении вопросов оценки эффективности комплексной системы АУ  $x$ -св основной своей  $x$ -код - область радиуса  $R_k$ , которая аналитически описывается уровнем КПД  $G(x, y, z)$  или  $G(x, y, z)$ . Он используется в  $x$ -св основной  $x$ -код, который описывается АУ в операционных моделях.

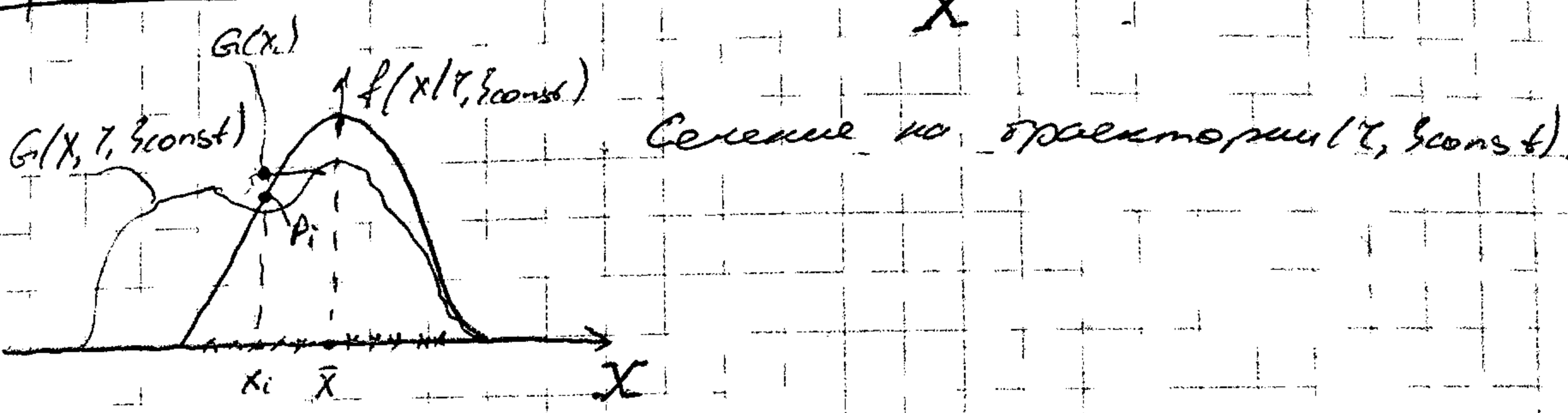
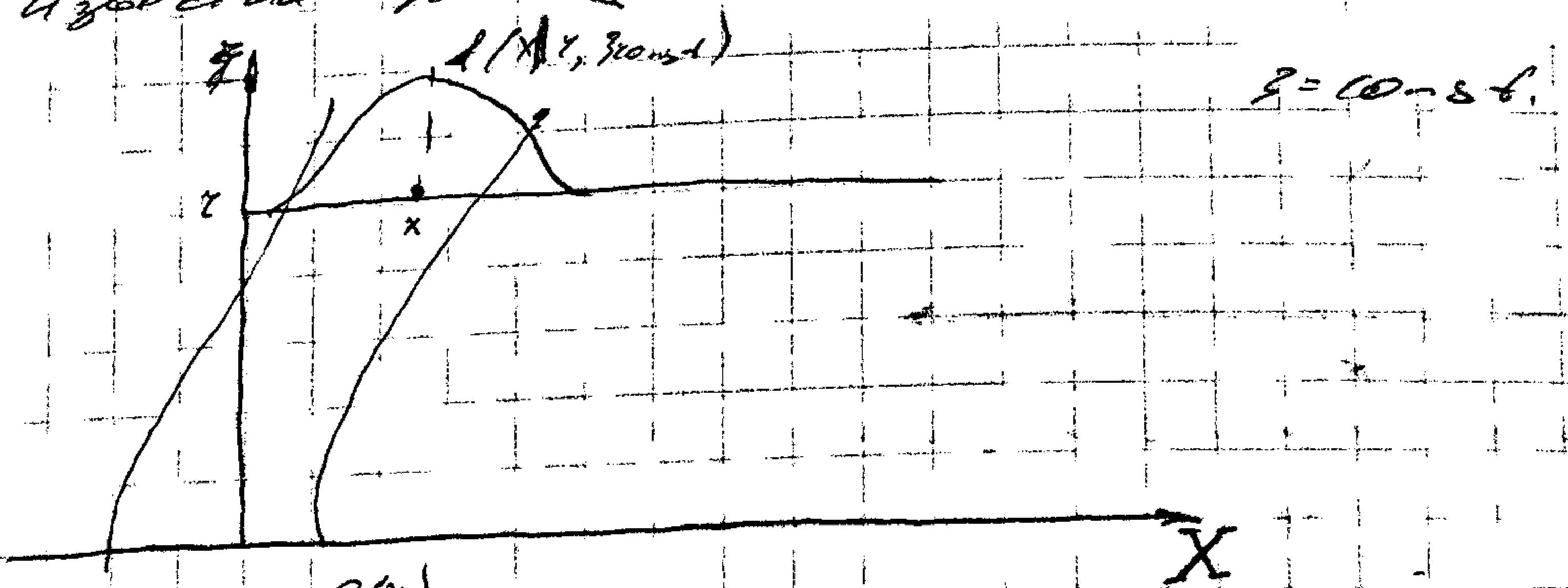
## Глава 4 Основные показатели оценки эффективности.

### 4.1. Исловный закон

- используется при совместной работе АУС и АУ без учета работы системы наведения.

Исловный закон представляет собой условие вер-ть поражения цели на данной траектории без учета работы системы наведения.

Расширить двумерный курс  
 цель находится на границе  $\tau$ .  
 Известна функция области реализации  $U$ .



$P_i$  - Вер-сть появления  $z$  - ки  $x_i$ .

Формула вывода соотношения для условного закона  
 возникновения  $z$ , под полным Вер-сти из серии  
 вероятностей.

Расси некое событие  $A$ , которое может произой-  
 ти совместно с событиями  $H_1, H_2, \dots, H_n$ , образующими  
 полную группу несовместных событий.

Тогда  $P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A|H_i)$  - Ф. и полный Вер-сти  
 Группа  $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$  - полная.

Поставим в соответствие  $x_i$  -  $i$ -е значения  
 канала  $z$  и  $H_i$ , а Вер-сти появления  
 $G_i$ , Вер-сти события  $A$  тогда:

$P(A) = \sum_{i=1}^n P(x_i) \cdot G(x_i)$  - Вер-сти появления  
 на траектории  $(\tau, z)$ .

Для непрерывных координат  $x$  перейдем к модели:

$$U_0(\tau, z) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x|\tau, z) G(x, \tau, z) dx \quad (4.2)$$

Но для АИУС есть еще  $x$ -на сдвигиваемая на  $z$ -траектории  $P_{cp}(\tau, z)$ . Она постоянна на данной траектории.

Тогда

$$U_0(\tau, z) = P_{cp}(\tau, z) \int_{-\infty}^{\infty} f(x|\tau, z) G(x, \tau, z) dx. \quad (4.3)$$

Учтем также наличие работы АИУС и ИУ,

$P_5$  - бер-го безотказной работы АИУС и ИУ на данной траектории.

Тогда

$$U(\tau, z) = P_5 \cdot P_{cp}(\tau, z) \int_{-\infty}^{\infty} f(x|\tau, z) G(x, \tau, z) dx. \quad (4.4)$$

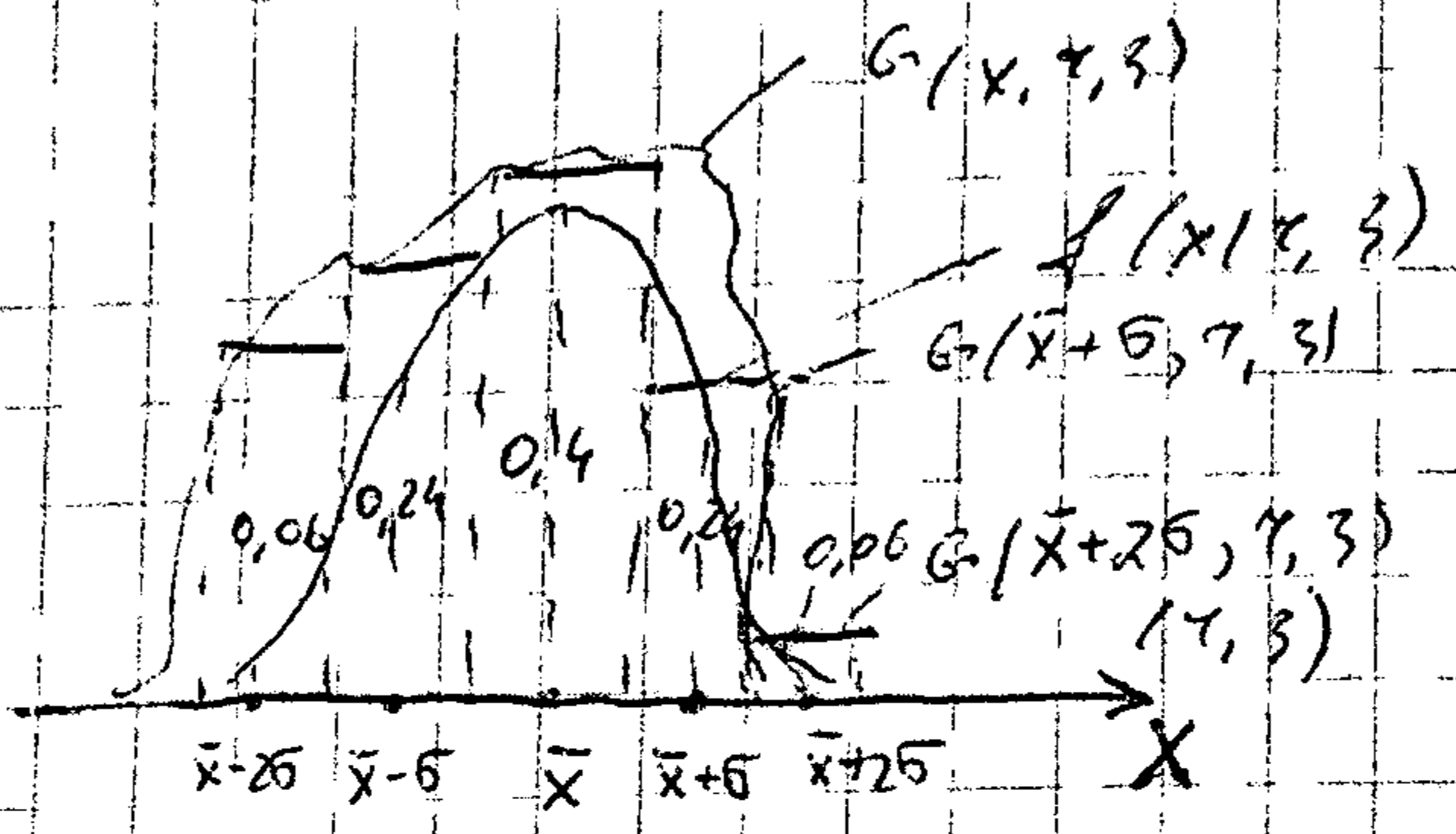
Перенесем соотношение (4.4) в закоординатную СК;

$$U(y, z) = P_5 P_{cp}(y, z) \int_{-\infty}^{\infty} f(x|y, z) G(x, y, z) dx$$

Основной закон является частным случаем оценки эффективности, так учитывает только работу АИУС и ИУ на данной траектории.

Листы.

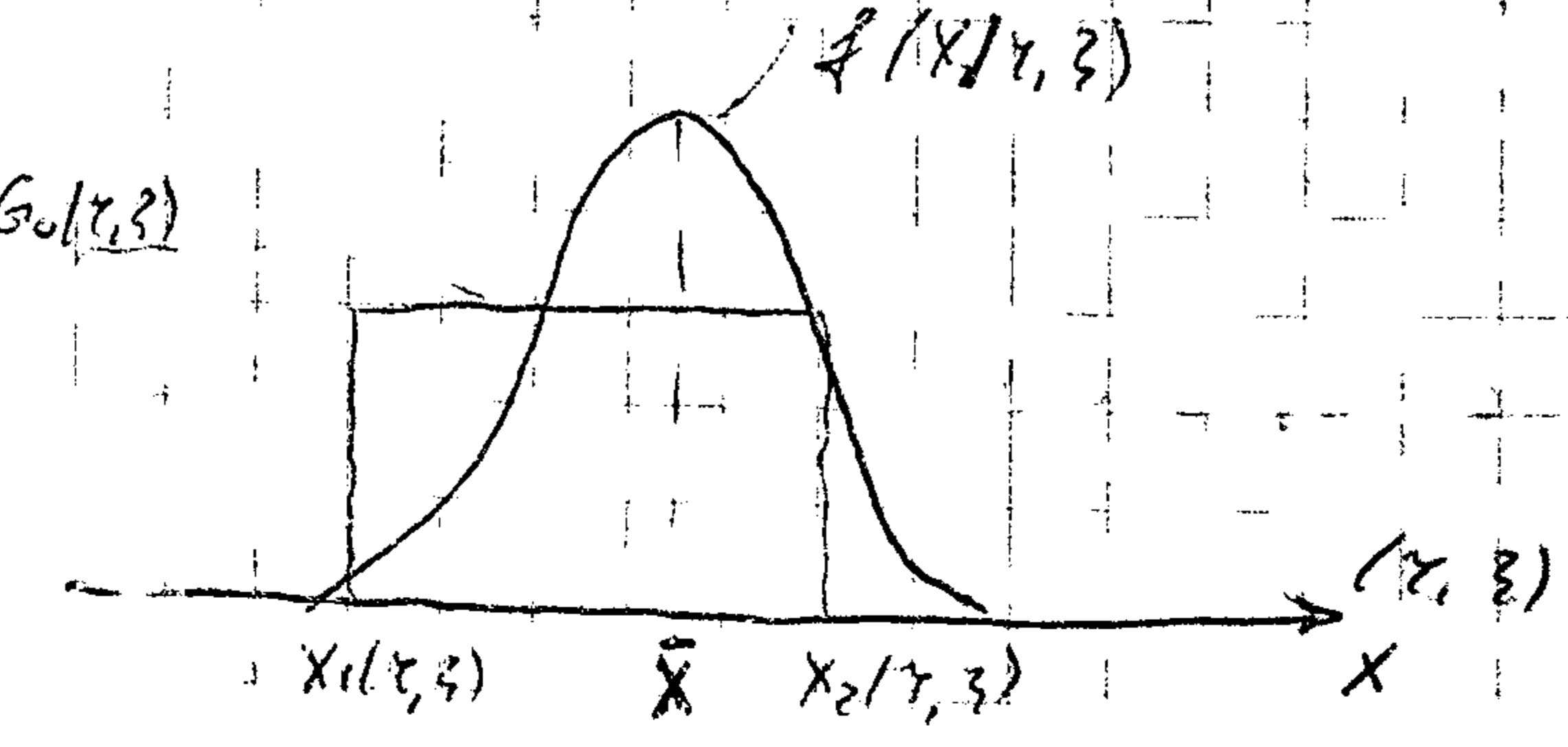
Численный расчет условного закона.



$$U(\tau, z) = P_0 \cdot P_{cp}(\tau, z) \int_{-\infty}^{\infty} f(x|\tau, z) G(x, \tau, z) dx$$

$$U(\tau, z) = P_0 \cdot P_{cp}(\tau, z) \cdot \left\{ 0.4 \cdot G(\bar{x}, \tau, z) + 0.24 \cdot [G(\bar{x}+b, \tau, z) + G(\bar{x}-b, \tau, z)] + 0.06 \cdot [G(\bar{x}+2b, \tau, z) + G(\bar{x}-2b, \tau, z)] \right\}$$

Графический расчет условного закона.



$$U(\tau, z) = P_0 \cdot P_{cp}(\tau, z) \int_{-\infty}^{\infty} f(x|\tau, z) G_0(x, z) dx$$

Применяем для координатного закона аппроксимацию Бернулли, представляющую его суммой, которую он принимает в узлах границы  $[x_1, x_2]$ .

$$U(\tau, z) = P_0 \cdot P_{cp}(\tau, z) \int_{x_1(\tau, z)}^{x_2(\tau, z)} f(x|\tau, z) G_0(x, z) dx = P_0 \cdot P_{cp}(\tau, z) G_0(\tau, z) \int_{x_1(\tau, z)}^{x_2(\tau, z)} f(x|\tau, z) dx$$



Расчетным методом:

$$x_2(t, z)$$

$$\int_{x_1(t, z)}^x f(x|t, z) dx = P(x_1(t, z) \leq X \leq x_2(t, z)) = K_c(t, z)$$

$X(t)$  - координата рабочего в момент АЦЭС на данной траектории

$K_c(t, z)$  - к-т согласованной работы АЦЭС и ЦУ на данной траектории  $(t, z)$ .

Физически он представляет собой вероятность нахождения координаты рабочего в момент АЦЭС в пределах  $[x_1, x_2]$ , определяющие границы области разровненной ЦУ.

$$K_c(t, z) = 0. \pm$$

$K_c(t, z)$  широко известно на практике для случая согласованной работы АЦЭС и ЦУ на данной траектории  $(t, z)$ .

Тогда,  $U(t, z) = P_6 \cdot P_{cp}(t, z) G_0(t, z) K_c(t, z)$ .

ЦУ можно без всяких сомнений, что:

$$K_c(t, z) = P(x_1 < X < x_2) = F(x_2) - F(x_1),$$

$F(x_1), F(x_2)$  - функции распределения суммарной величины  $X$ .

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x|t, z) dx$$

$f(x|t, z)$  - нормальный закон, т. е.

$$f(x|t, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_x} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}}$$

Тогда

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_x} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}} dx$$

Введем в интеграл замену переменной.

$$t = \frac{x-\bar{x}}{\sigma_x}, \text{ тогда } dt = \frac{dx}{\sigma_x}$$

$$x_n = -\infty \rightarrow t_n = -\infty, \quad x_0 = x; \quad t_0 = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$$

$$\text{Тогда: } f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{x-\bar{x}}{\sigma_x}} \frac{1}{\sigma_x} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} \cdot \sigma_x dt =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{x-\bar{x}}{\sigma_x}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Полученная интеграл через элементорные  $\Phi$ -функции не выражается, но в ТВ есть стандартная  $\Phi$ -функция, называемая интегральной функцией.

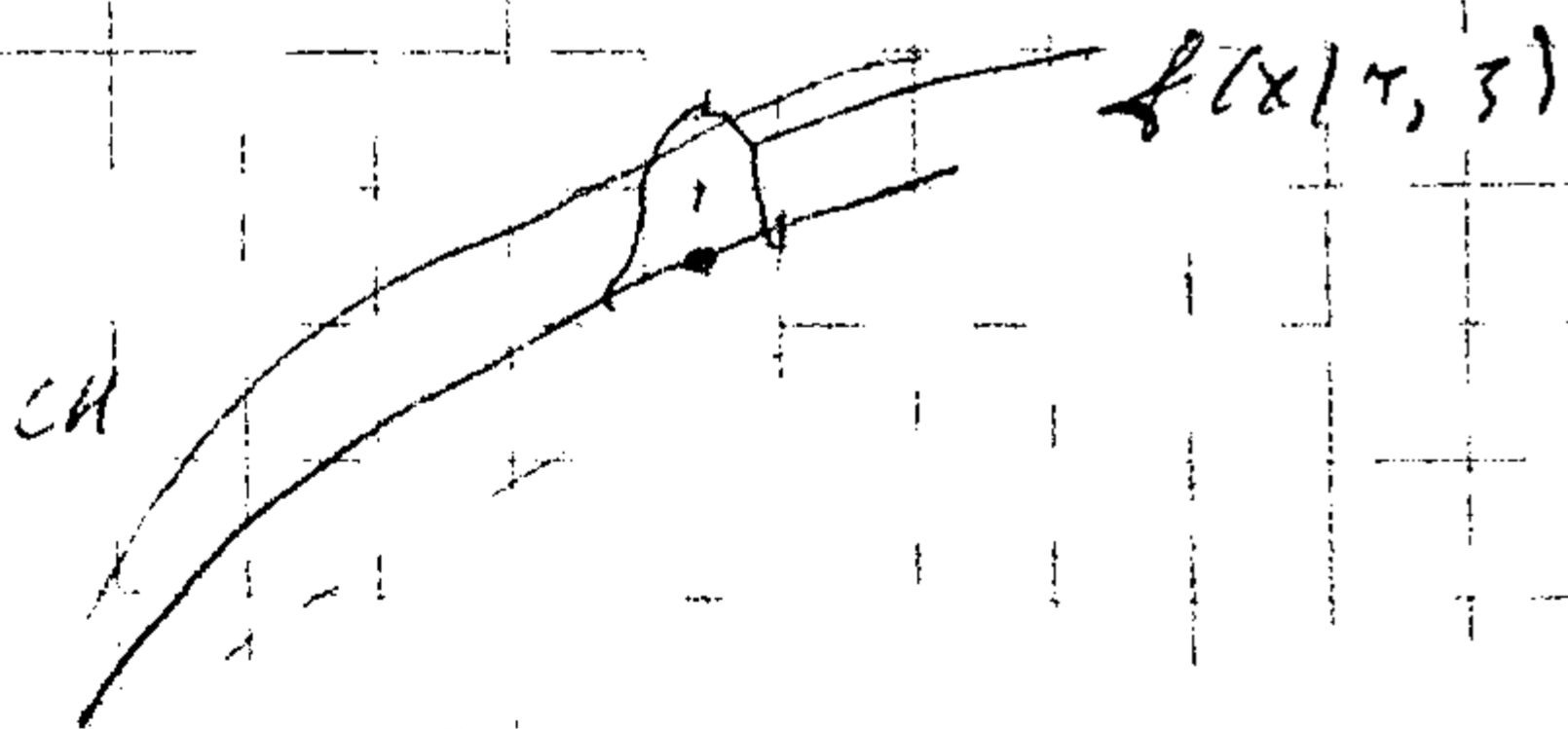
$$\Phi^*(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad \text{— это нормальная } \Phi\text{-функция распределения.}$$

$\Phi^*\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma_x}\right)$  — может быть вычислена при использовании таблиц стандартных функций.

$$\text{Тогда: } P_c(\tau, z) = \Phi^*\left(\frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma_x}\right) - \Phi^*\left(\frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma_x}\right)$$

$$U(\tau, z) = P_c \cdot P_{op}(\tau, z) \cdot G_0(\tau, z) \cdot \left[ \Phi^*\left(\frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma_x}\right) - \Phi^*\left(\frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma_x}\right) \right]$$

4.2 Полная формула оценки эффективности в рекурсивной комплексной системе.



СН переводит уздыне на новую случайную переменную на этой траектории АЦУС выделяет оптимальную точку для выбора параметра  $z$  на АЦУ.