

«Военно-техническая подготовка»

ТЕМА №2.

Основы построения ЗРС

ЗАНЯТИЕ № 3. Системы координат, используемые в ЗРС

Литература

1. Курс лекций «Основы построения зенитных ракетных систем». Часть 2. Н.Новгород: ННГУ, 2001. Инв. 290.
2. Неупокоев Ф.К. «Стрельба зенитными ракетами». – Москва: Воениздат, 1991 г.

Вопросы занятия

1. Необходимость применения различных систем координат в одной ЗРС
2. Назначение, области применения и сущность систем координат, используемых в ЗРС

Системы координат (СК), используемые в сложных технических системах могут быть привязаны:

- к параметрам объекта измерения которые могут быть определены непосредственно (цель - азимут, дальность, угол места);
- к параметрам объекта управления (ЗУР - курс, тангаж, крен);
- к ключевому объекту системы (КП – x, y, z);
- к относительным параметрам объекта (например курсовая система координат привязанная к вектору скорости цели, относительно СНР).

Таким образом для решения каждой технической задачи используется та система координат, в которой эта задача решается с минимальными затратами (техническими, вычислительными и экономическими).

1. Необходимость применения различных систем координат в одной ЗРС

В процессе боевой работы ЗРС последовательно решает следующие основные задачи:

- поиска и обнаружения целей;
- распределения целей между ЗРК;
- выдачи целеуказания с КП на ЗРК (СНР) и выдачи обратной информации с ЗРК на КП;
- измерения текущих координат и параметров движения целей и ракет СНР;
- определение момента пуска ЗУР, с учетом направления движения и скорости цели;
- выработки команд управления для наведения ЗУР на цель.

Для поиска и обнаружения целей применяется:

Сферическая система координат (D, β, ε) так как радиолокационные средства обнаружения целей осуществляют непосредственное измерение угловых координат и дальности.

Для распределения целей между ЗРК, выдачи целеуказания с КП на ЗРК (СНР) и выдачи обратной информации с ЗРК на КП применяется:

Местная земная система координат, представляющая собой правую декартову прямоугольную систему координат (X, Y, Z). Это связано с тем, что, КП и ЗРК ориентированы на местности в *прямоугольной системе координат*, за начало отчета которой принята точка стояния РЛС КП.

Для точного измерения текущих координат и параметров движения целей и ракет СНР применяется:

Биконическая система координат (D, ϕ_B, ϕ_H) – разновидность сферической СК, начало отсчета которой совпадает с центром антенной системы СНР (так называемая **точка стояния ЗРК**), а измеряемые углы определяются относительно нормали антенны, размещенной наклонно.

Для определения момента пуска ЗУР, с учетом направления движения и скорости цели применяется:

Параметрическая (курсовая) система координат (курсовая дальность - L , параметр - P , высота - H), ее центром является точка стояния ЗРК, а ориентация осей определяется направлением движения цели.

Для выработки команд управления наведением ЗУР на цель применяются три СК с центром в центре масс ракеты:

1. Связанная система координат;
2. Стартовая система координат;
3. Скоростная система координат.

2. Назначение, области применения и сущность систем координат, используемых в ЗРС

Прикладным назначением рассматриваемых СК является возможность точно измерить положение одного объекта относительно другого.

Измерять взаимное положение необходимо при:

расположении на местности элементов ЗРС – необходимо точно измерить положение ЗРК относительно командного пункта и положение пусковых установок относительно СНР;

измерении координат цели и ЗУР - положение цели и ЗУР определяется относительно РЛС, проводящей измерения.



2. Прямоугольная СК

3. Биконическая СК

1. Сферическая СК

X_c, Y_c, Z_c

$D_c(r), \Phi_{vc}(r), \Phi_{nc}(r)$

Инд.пуска

6. Скоростная и связанная СК

L, P, H

α, β, γ

4. Параметрическая СК

5. Стартовая и связанная СК

1'. Сферическая

ИАП

D_c, β_c, ϵ_c

$\Theta_{скл}, \gamma_{скл}$

Для РЛС центром СК является геометрический центр ее антенной системы или его проекция на земную поверхность. Такой выбор нулевой точки обусловлен самим физическим принципом радиолокационного измерения (как правило измеряется угловое положение цели и ее наклонная дальность, т.е. РЛС используют различные варианты сферической СК - 1, 1', 3).

Следствием этого является привязка точки стояния любого элемента ЗРС, содержащего в своем составе РЛС, к началу отсчета ее СК:

точка стояния КП совпадает с центром координат локатора обнаружения;

точка стояния ЗРК совпадает с центром координат СНР.

Если элемент ЗРС не содержит локационных средств то для определения точки его стояния используют специальные метки – реперы. По реперам определяют точки стояния пусковых установок.



2. Прямоугольная СК

3. Биконическая СК

1. Сферическая СК

X_c, Y_c, Z_c

$D_c(r), \Phi_{vc}(r), \Phi_{nc}(r)$

Инд.пуска

6. Скоростная и связанная СК

L, P, H

α, β, γ

4. Параметрическая СК

5. Стартовая и связанная СК

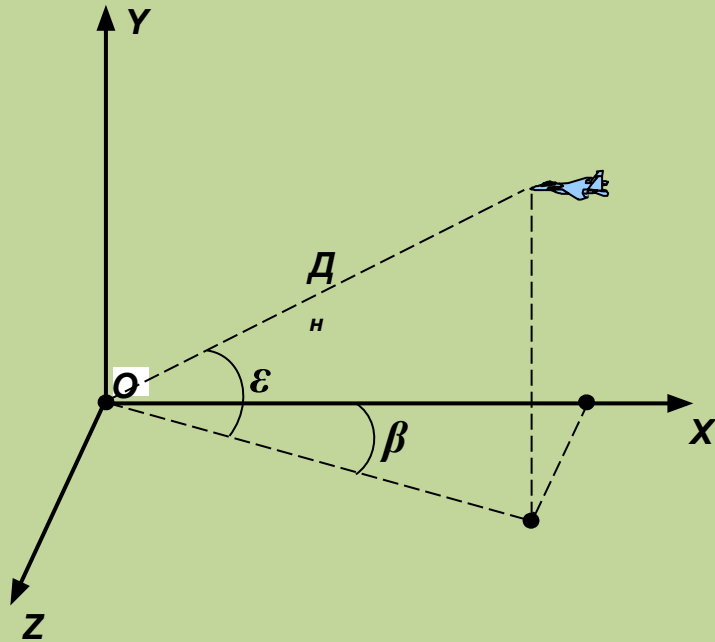
1'. Сферическая

ИАП

D_c, β_c, ϵ_c

$\Theta_{скл}, \gamma_{скл}$

Во время боевой работы ЗРС все СНР находятся в фиксированных точках, заданных в **прямоугольных координатах 2** (X, Y, Z), что позволяет с минимальными вычислительными затратами выдавать целеуказание с КП.



Ось OX, как правило, ориентирована в направлении на север, ось OY направлена вертикально вверх, а ось OZ направлена на восток.

Плоскость XOZ – горизонтальная, то есть совпадает с плоскостью местного горизонта.

Переход от сферической СК (D, β, ϵ) к прямоугольной (X, Y, Z) может происходить по следующим соотношениям:

$$X = D \cos \epsilon \cos \beta;$$

$$Y = D \sin \epsilon;$$

$$Z = D \cos \epsilon \sin \beta,$$



2. Прямоугольная СК

3. Биконическая СК

1. Сферическая СК

$X_{ц}, Y_{ц}, Z_{ц}$

$D_{ц}(p), \Phi_{вц}(p), \Phi_{нц}(p)$

Инд.пуска

6. Скоростная и связанная СК

L, P, H

α, β, γ

4. Параметрическая СК

5. Стартовая и связанная СК

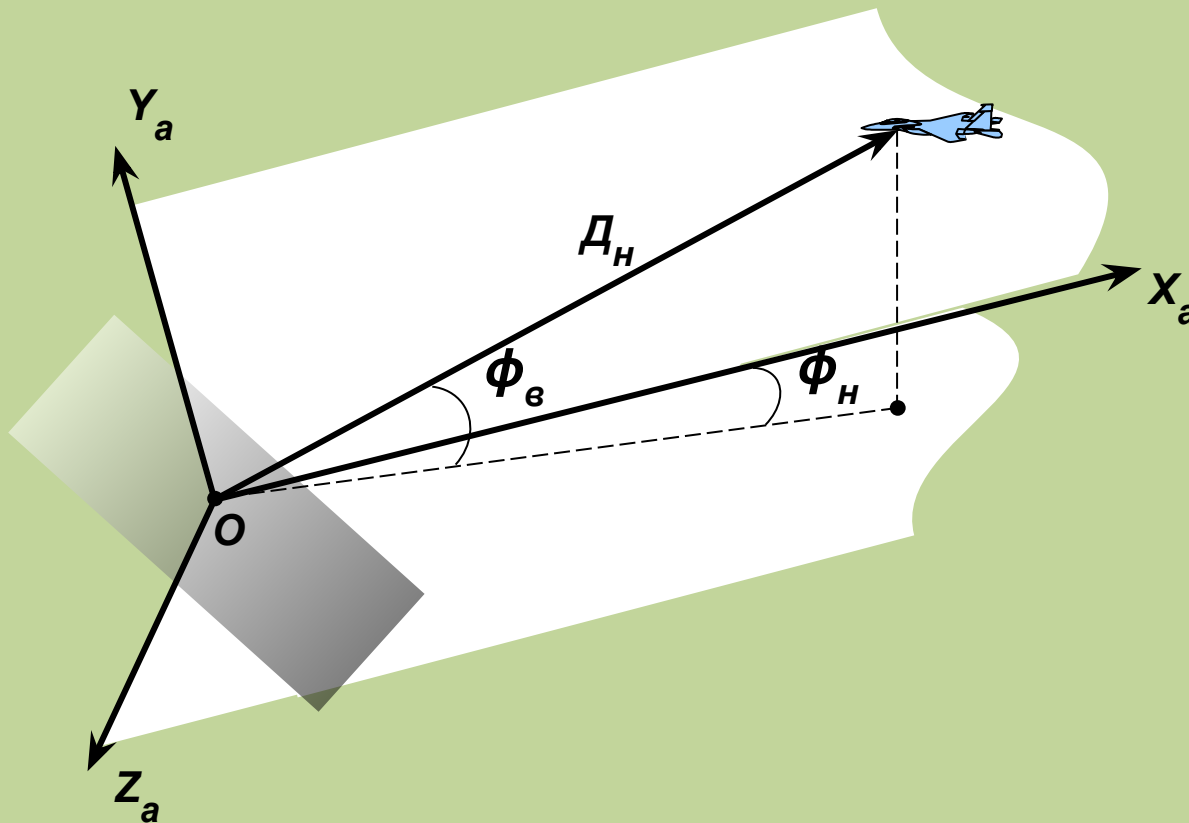
1'. Сферическая

ИАП

$D_{ц}, \beta_{ц}, \epsilon_{ц}$

$\Theta_{скл}, \gamma_{скл}$

В СНР применяется **биконическая система координат 3** (D, ϕ_B, ϕ_H) – разновидность сферической СК, привязанная к наклонному антенному полотну.





2. Прямоугольная СК

3. Биконическая СК

1. Сферическая СК

X_c, Y_c, Z_c

$D_c(r), \Phi_{vc}(r), \Phi_{nc}(r)$

Инд.пуска

6. Скоростная и связанная СК

L, P, H

α, β, γ

4. Параметрическая СК

5. Стартовая и связанная СК

1'. Сферическая

ИАП

D_c, β_c, ϵ_c

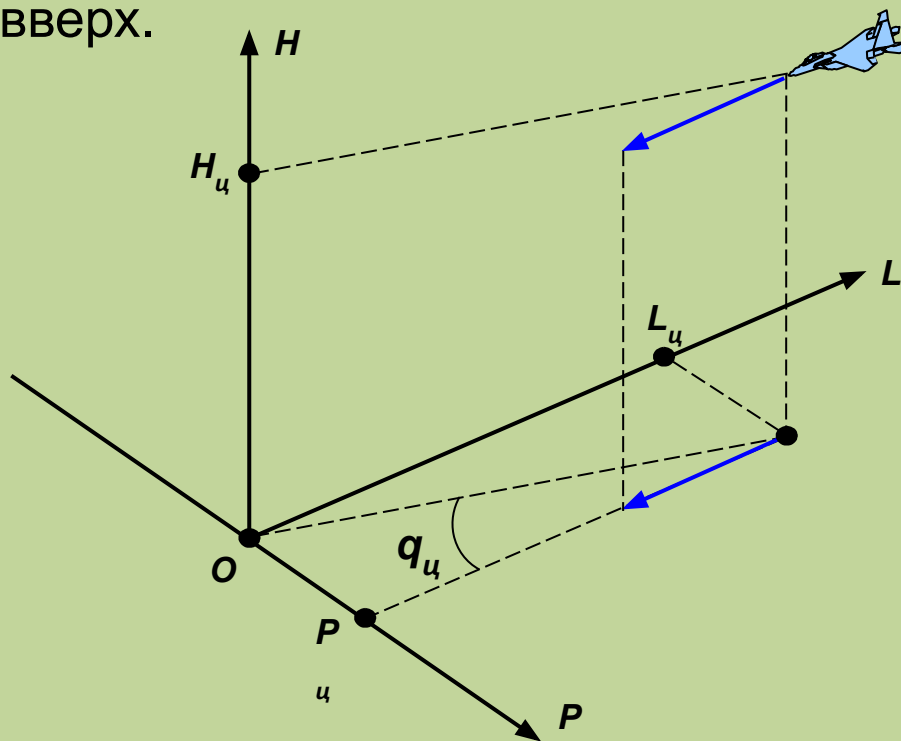
$\Theta_{скл}, \gamma_{скл}$

В параметрической (курсовой) СК положение цели в пространстве определяется: $L_{ц}$ – курсовой дальностью цели; $P_{ц}$ – параметром цели; $H_{ц}$ – высотой цели.

ось OL в горизонтальной плоскости параллельна проекции вектора скорости цели на эту плоскость, а ее направление противоположно проекции вектора скорости цели;

ось OP лежит в горизонтальной плоскости и перпендикулярна оси OL ;

ось OH перпендикулярна плоскости LOP и направлена вертикально вверх.



Параметрическая СК применяется для расчета момента пуска ЗУР, с учетом направления движения и скорости цели и подробно рассматривается при изучении боевого применения ЗРК.

Параметр движения цели R_c есть кратчайшее расстояние от начала координат до точки пересечения проекции курса цели в горизонтальной плоскости с осью **OP**.

Параметр цели может быть правым, либо левым относительно начала координат.

Курсовым углом движения цели q_c называется угол в горизонтальной плоскости между направлением проекции курса цели и направлением на РЛС. Курсовой угол изменяется от 0 до 180. Изменение курсового угла от 0 до 90 означает приближение цели, а изменение от 90 до 180 – ее удаление.

При маневре цели меняется ее курс, и оси курсовой системы координат разворачиваются таким образом, чтобы ось **OL** всегда оставалась параллельной курсу цели. При этом, как правило, изменяется положение меток границ зоны поражения и точки встречи на индикаторах РЛС.

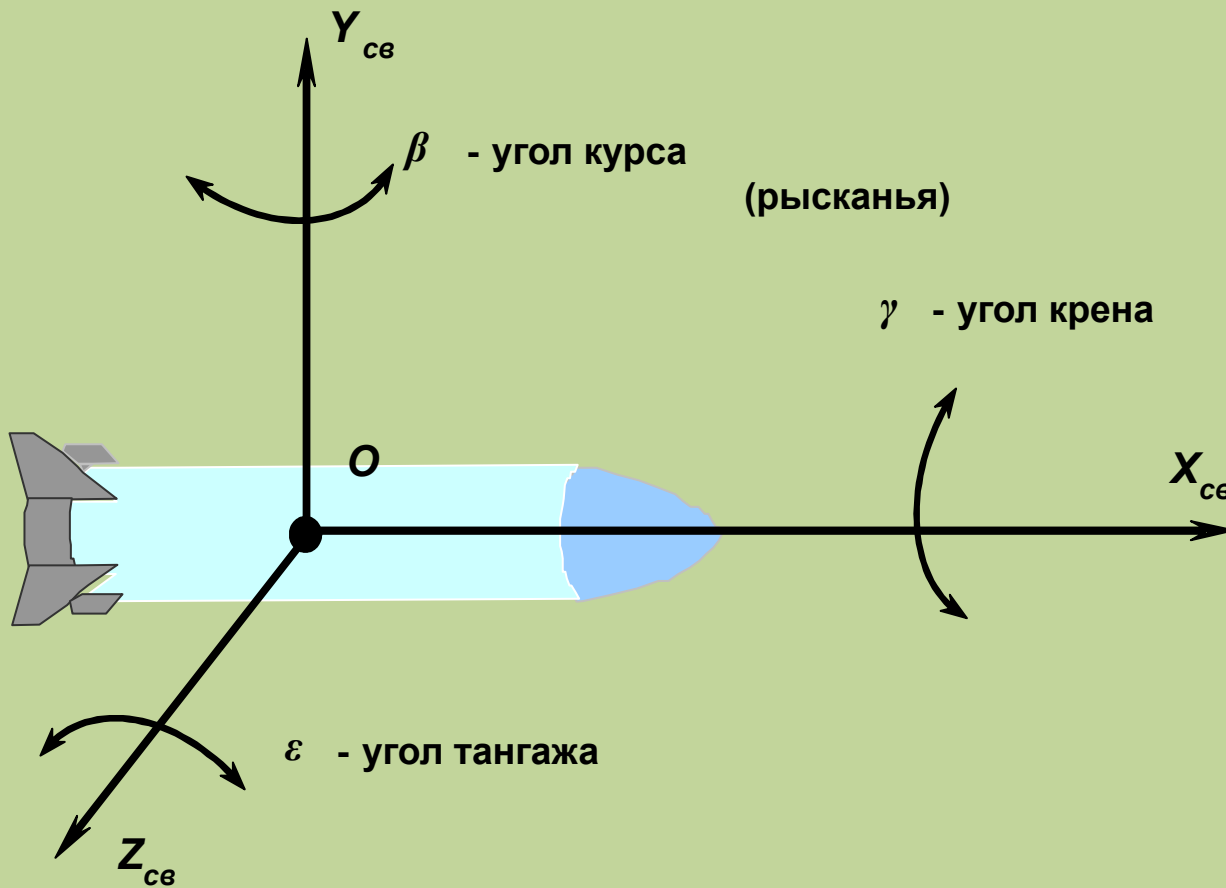
Положение ЗУР в пространстве в любой момент времени должно определяться шестью координатами:

три координатами центра масс ракеты,

и тремя углами, характеризующими ориентацию ракеты относительно земной прямоугольной системы координат.

Для определения ориентации ЗУР в пространстве вводят неподвижную относительно ее конструкции систему координат, которую называют *связанной системой координат 5, 6*.

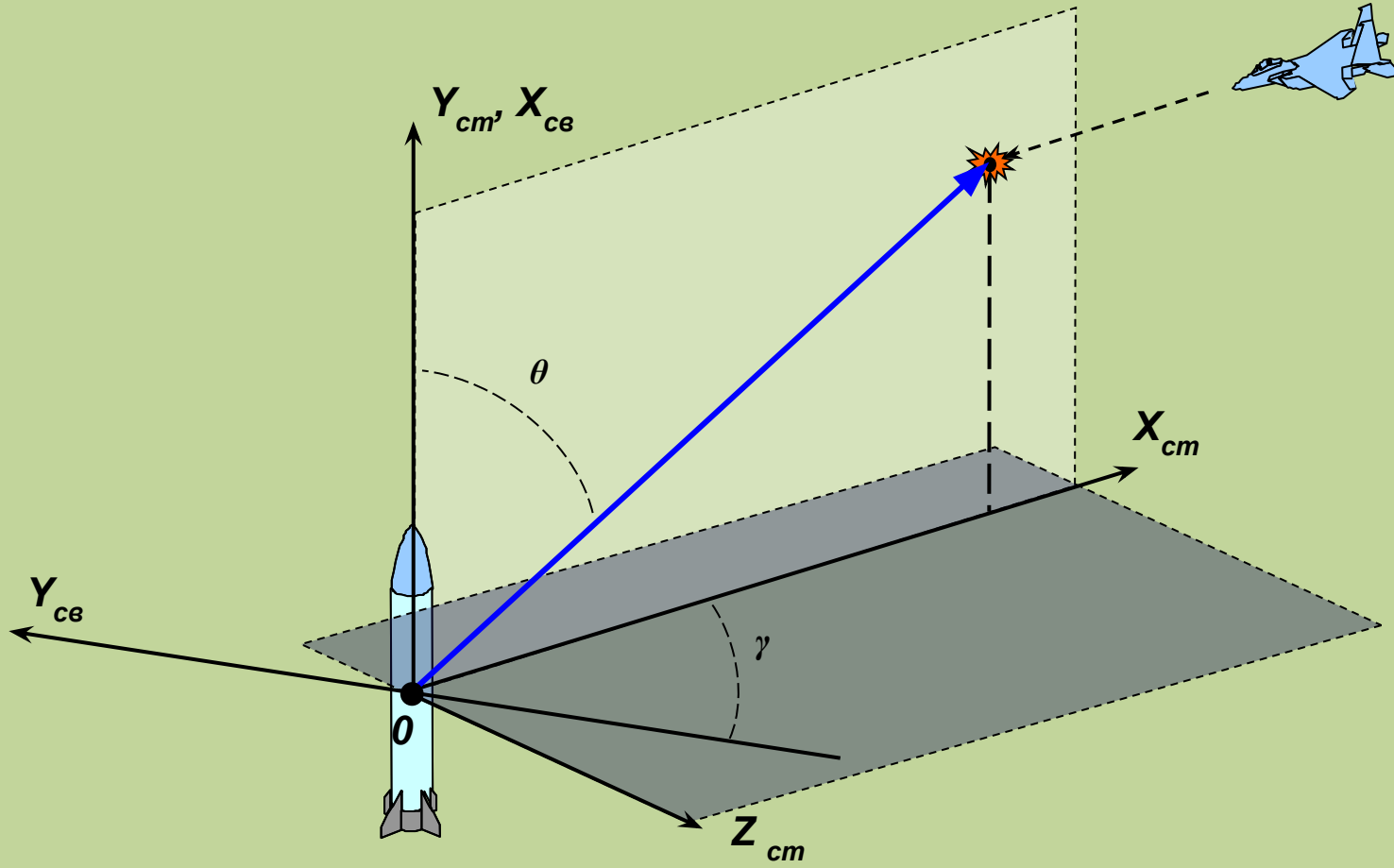
Начало связанной СК совпадает центром масс ракеты. Ось **$Ox_{св}$** направлена вдоль продольной оси ракеты, **$Oy_{св}$** перпендикулярна оси **$Ox_{св}$** и расположена в вертикальной плоскости, а ось **$Oz_{св}$** перпендикулярна осям **$Ox_{св}$** и **$Oy_{св}$** , образуя правую систему.



Для вывода ракеты с точки старта на кинематическую траекторию (траекторию управляемого полета) используется *стартовая система координат 5*. Ее начало совпадает с центром масс ракеты, ось **OY_{cm}** совпадает с осью **$OX_{св}$** , оси **OX_{cm}** и **OY_{cm}** взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости склонения, проходящей через точку встречи ракеты с целью.

Ось **OZ_{cm}** перпендикулярна плоскости склонения и является осью, определяющей отработку ракетой угла $\Theta_{скл}$ (угол склонения ракеты в вертикальной плоскости).

Положение оси **OX_{cm}** в плоскости горизонта относительно оси **$OY_{св}$** ракеты определяется углом приведения $\gamma_{скл}$ (угол склонения ракеты в горизонтальной плоскости), изменяющимся в пределах $\pm 180^\circ$.



В *скоростной системе координат* δ (Ox_v, Oy_v, Oz_v) определяются относительные координаты ЗУР в полете, оцениваются ошибки наведения ЗУР для выработки команд управления ракетой.

Начало координат этой системы находится в центре масс ракеты.

Ось Ox_v направлена вдоль вектора скорости ЗУР, ось Oy_v - вверх в вертикальной плоскости симметрии ракеты, а ось Oz_v дополняет их до правой системы координат.

Положение скоростной системы относительно связанной системы координат характеризуется *углом атаки* α и *углом скольжения* β .

