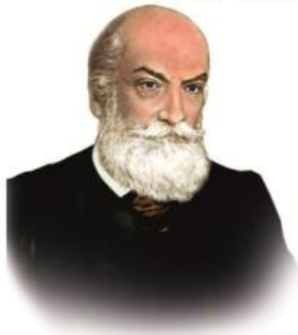


**ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО И Ю.А. ГАГАРИНА**

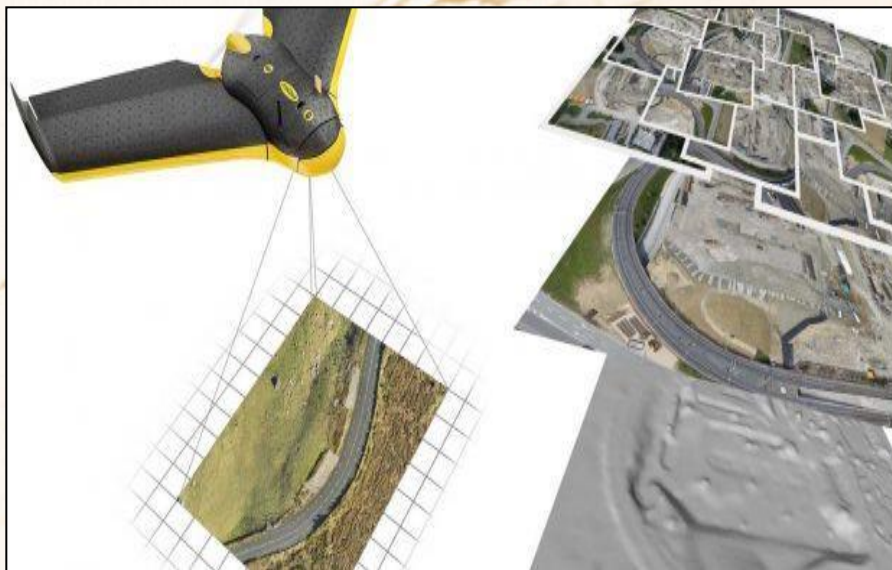
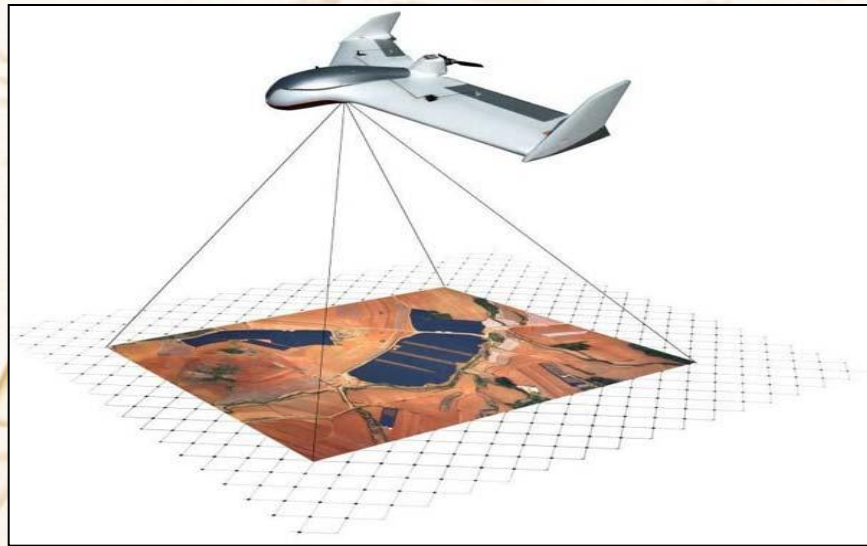


**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОСТАНОВЩИКОВ  
РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ**

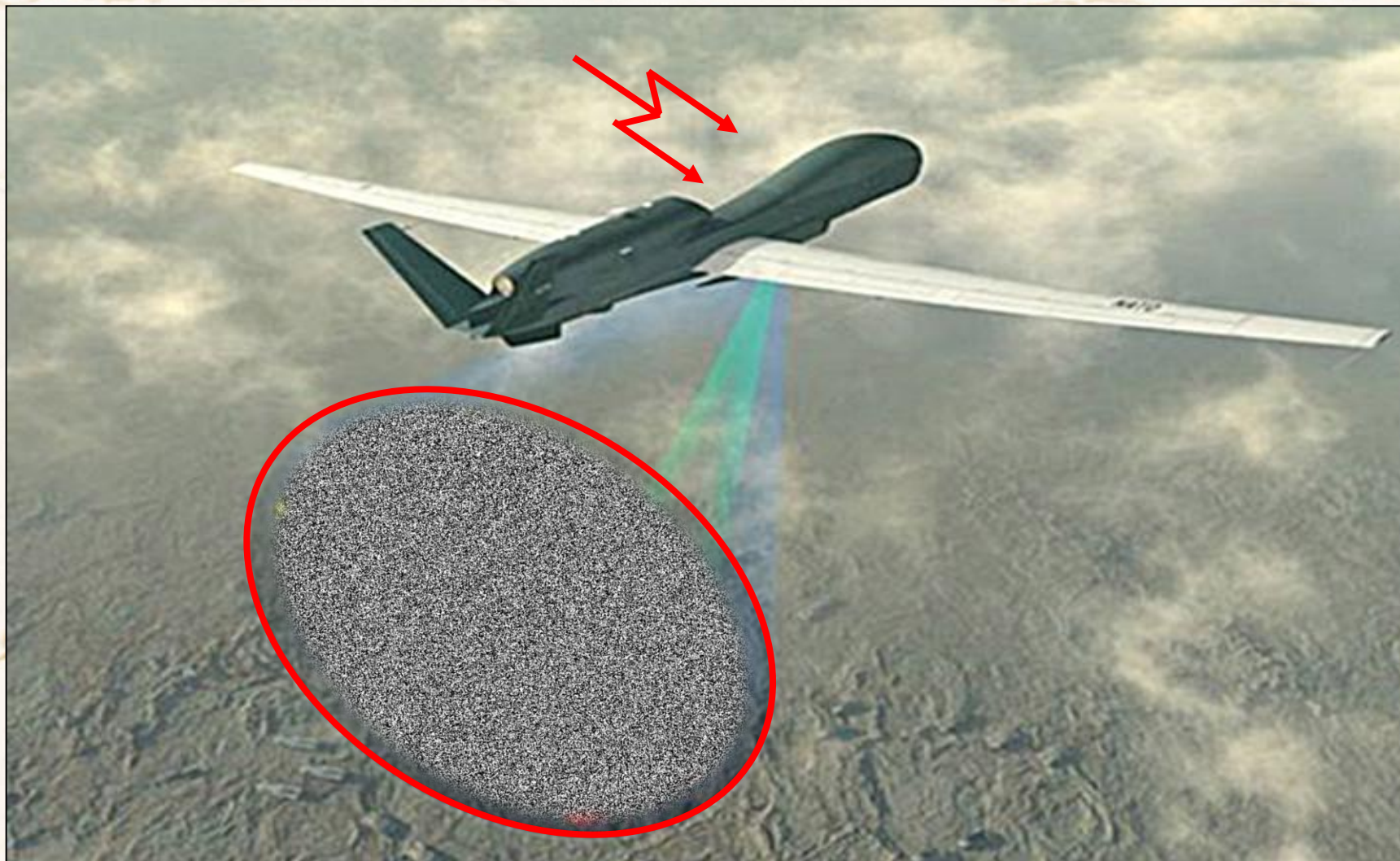
**Адъюнкт 53 кафедры  
Мазин Антон Сергеевич**

**г. Воронеж  
2021 г.**

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОСТАНОВЩИКОВ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАЗВЕДКИ



**МАСКИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ОТ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ**

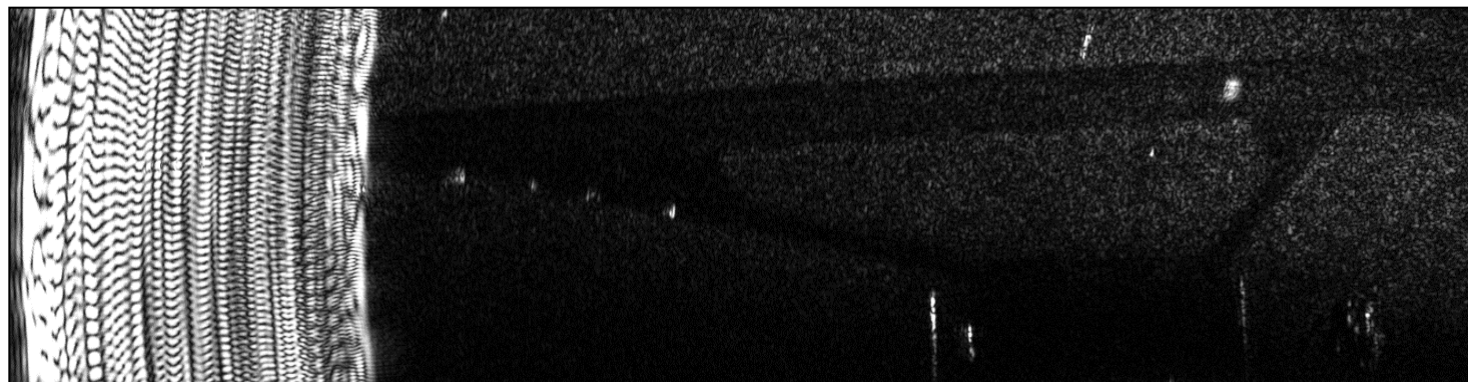


КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
ПОСТАНОВЩИКОВ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ  
ПРИМЕР ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ  
В РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

4



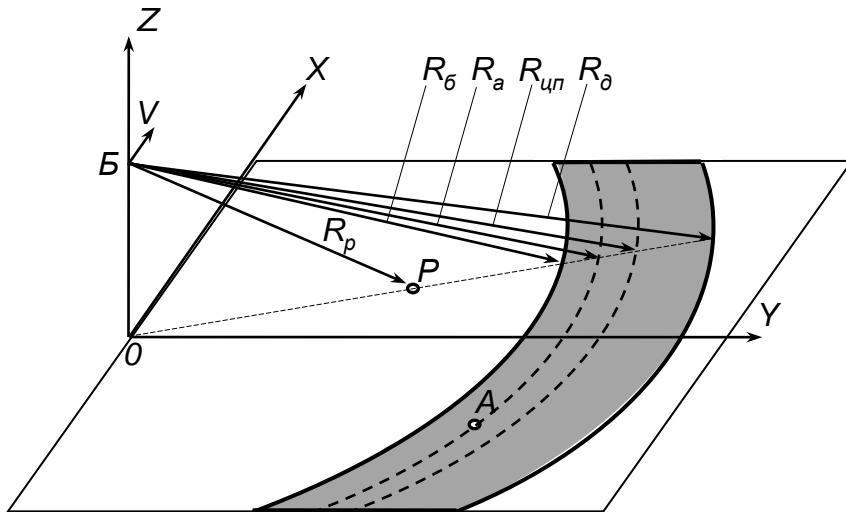
радиолокационное изображение  
без помех



радиолокационное изображение  
под воздействием ретрансляционных помех  
(шумовая полоса скрывает часть отметок наземных объектов)

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОСТАНОВЩИКОВ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ СПОСОБ МАСКИРОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ

5



Создание некогерентной  
ответной помехи  
с фиксированной временной  
задержкой и изменяющимся  
по заданному закону частотным  
сдвигом



$$\Delta R = R_{\delta} - R_{\sigma}; \quad R_{\delta} = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\pi f_{\max}}{b} c \right) + R_p \right]; \quad R_{\sigma} = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\pi f_{\min}}{b} c \right) + R_p \right],$$

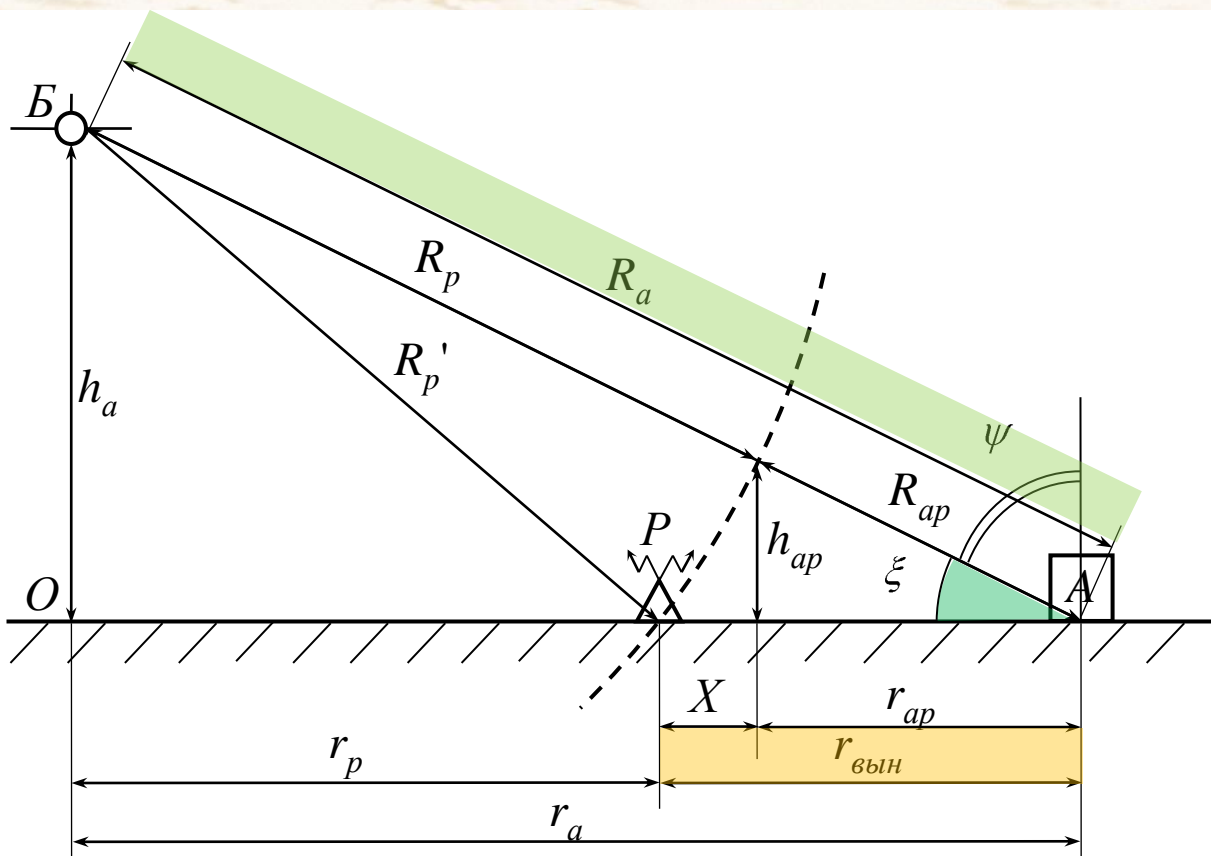
где  $dR$  – ширина шумовой полосы;

$f_{\min}, f_{\max}$  – минимальное и максимальное значения частотного сдвига сигнала для формирования шумовой полосы с ближней  $R_{\sigma}$  и дальней  $R_{\delta}$  границами;

$R_p$  – наклонная дальность до ретранслятора;

$R_{\text{цп}}$  – наклонная дальность до центра шумовой полосы.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
 ПОСТАНОВЩИКОВ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ  
 РАСЧЕТ РАССТОЯНИЯ ВЫНОСА РЕТРАНСЛЯТОРА  
 ОТ ОБЪЕКТА ПРИКРЫТИЯ В СТОРОНУ НОСИТЕЛЯ СРЕДСТВ РАЗВЕДКИ



$$R_a = 3000 \text{ м}$$

$$\xi = 20$$

$$R_p = R_a - R_{ap}$$

$$h_a = \sqrt{(R_a^2 - (R_a \cos \xi)^2)}$$

$$r_p = \sqrt{R_p^2 - h_a^2}$$

$$r_a = R_a \cos \xi$$

$$r_{ap} = R_{ap} \cos \xi$$

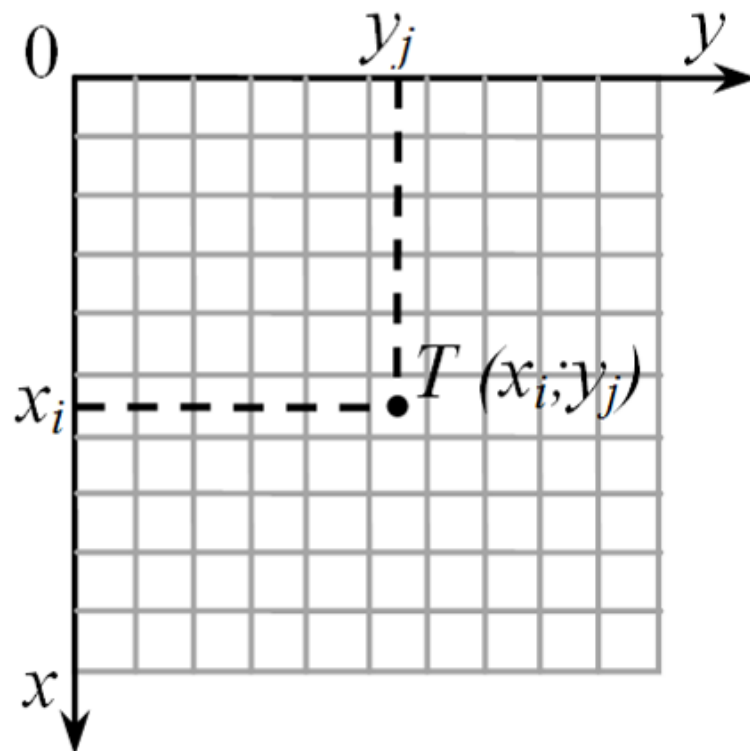
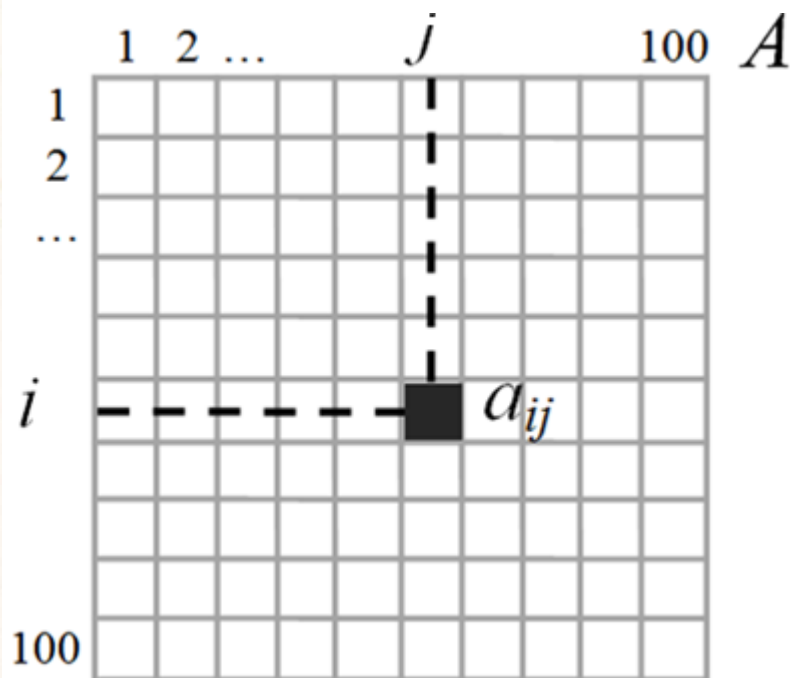
$$R_{ap} = (c \tau_{\text{зад}}) / 2$$

$$X = r_a - (r_{ap} + r_p)$$

Взаимное расположение носителя РСА (Б), ретранслятора (Р) и прикрываемого объекта (А)

$$r_{\text{вын}} = r_{ap} + X \approx \approx 348 \text{ м}$$

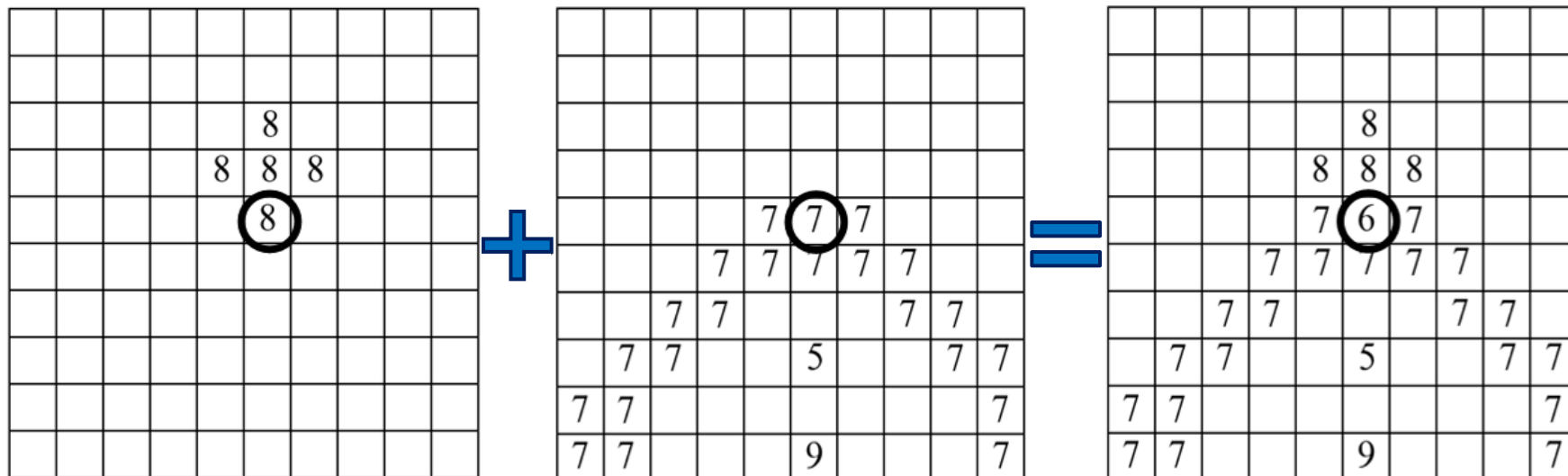
**ВЗАИМОСВЯЗЬ МАТРИЦЫ-АНАЛОГА РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ  
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПРЯМОУГОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ**



**матрица-аналог  
радиолокационного  
изображения**

**прямоугольная система  
координат**

**ПРИМЕР ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА НАЛОЖЕНИЯ ШУМОВОЙ ПОЛОСЫ И  
ОБЪЕКТА ПРИКРЫТИЯ**



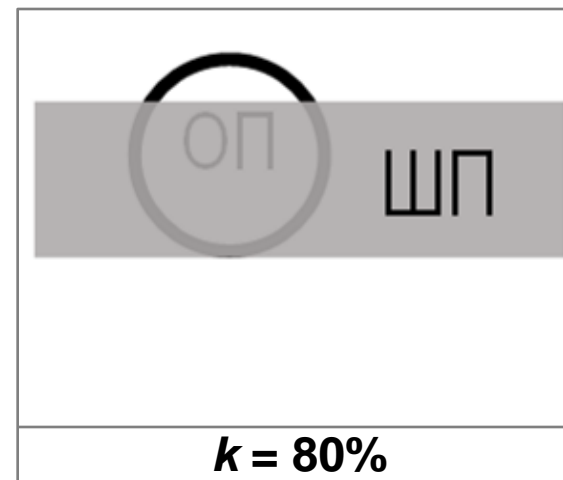
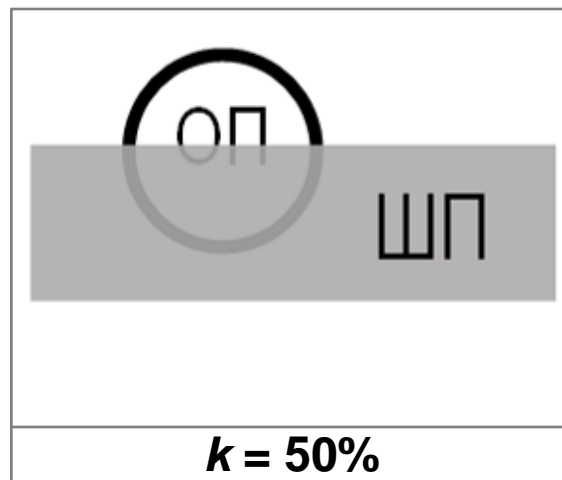
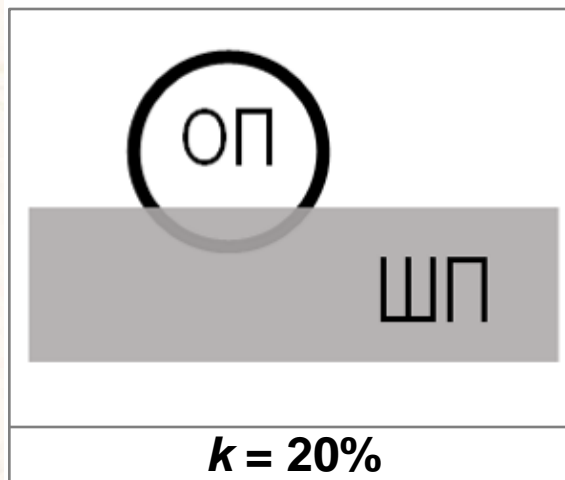
**положение объекта  
прикрытия (8)**

**положение  
ретранслятора (5),  
шумовой полосы (7),  
и носителя РСА (9)**

**отображение элемента  
наложения шумовой  
полосы и объекта  
прикрытия (6)**



КАЧЕСТВО СКРЫТИЯ ОБЪЕКТА ПРИКРЫТИЯ ШУМОВОЙ ПОЛОСОЙ



*Примечание:*

*ОП – объект прикрытия;*

*ШП – шумовая полоса;*

*k – качество скрывтия объекта прикрытия*

**ПРИМЕР «НАКОПЛЕНИЯ» ЭЛЕМЕНТАМИ МАТРИЦЫ СЛУЧАЕВ СОВПАДЕНИЯ  
«УСПЕШНЫХ КООРДИНАТ РЕТРАНСЛЯТОРОВ»**

							8		
			8	8	8				
							8		
	5								
									5
		5							
				5					

**итерация № 4**  
**(УКР (5) и ОП (8))**



							8		
			8	8	8				
							8		
	5								
									5
		5							
				5					

**итерация № 5**  
**(+1 УКР)**



							8		
			8	8	8				
							8		
5									
	5								
									5
		5							

**итерация № 6**  
**(+1 УКР)**

*Примечание:*

*УКР – «успешные координаты ретрансляторов»*

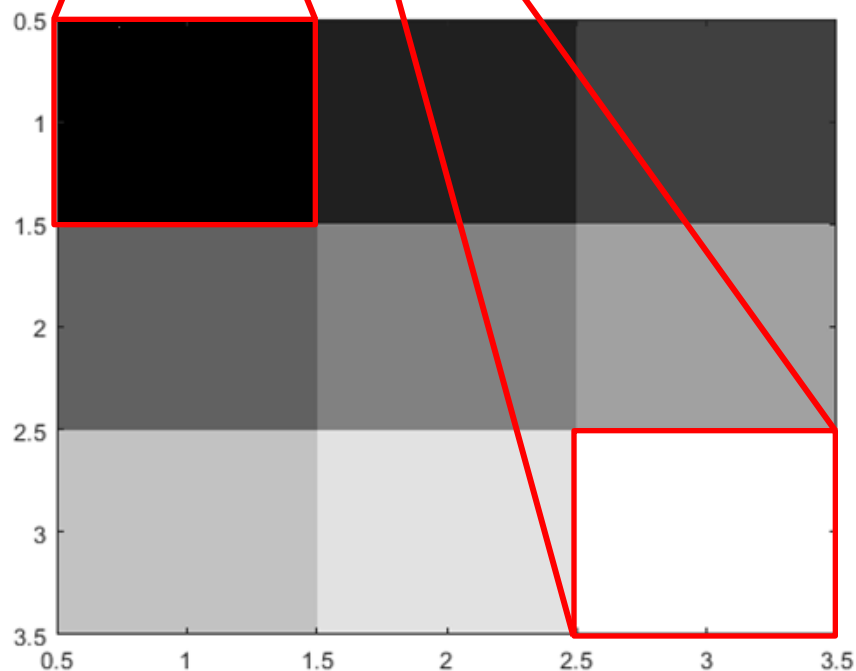
ДЕМОНСТРАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИИ *IMAGESC*

```
C = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
```

```
C = 3x3
```

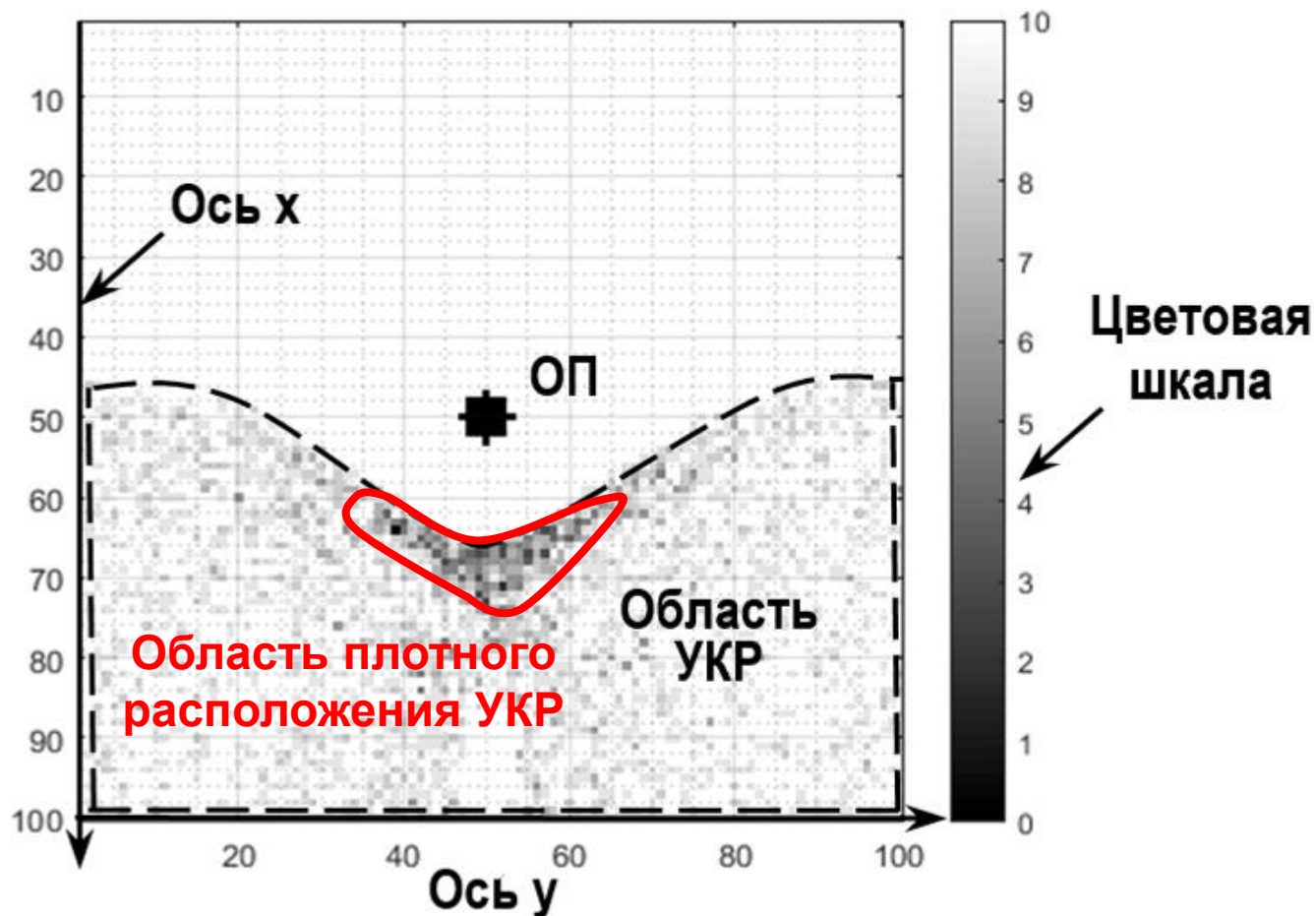
```
1 2 3  
4 5 6  
7 8 9
```

```
im = imagesc(C); colormap(gray);
```



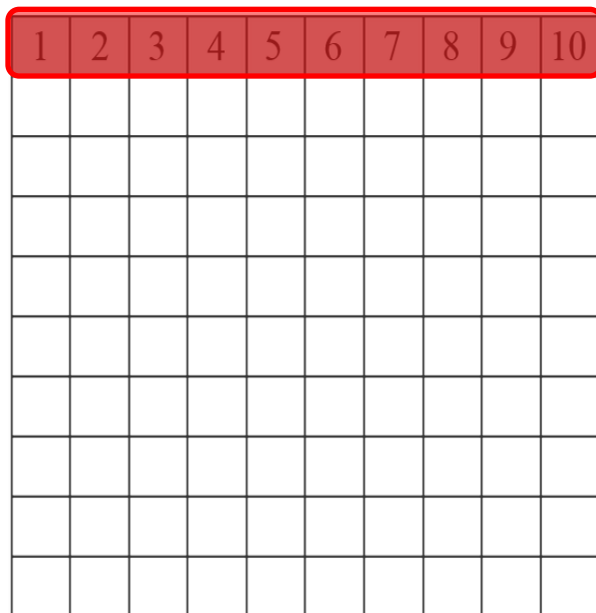
С **УВЕЛИЧЕНИЕМ** числового значения элемента матрицы **СВЕТЛЕЕТ** оттенок окрашивания соответствующего пикселя изображения.

ПРИМЕР ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ФУНКЦИИ *IMAGESC*

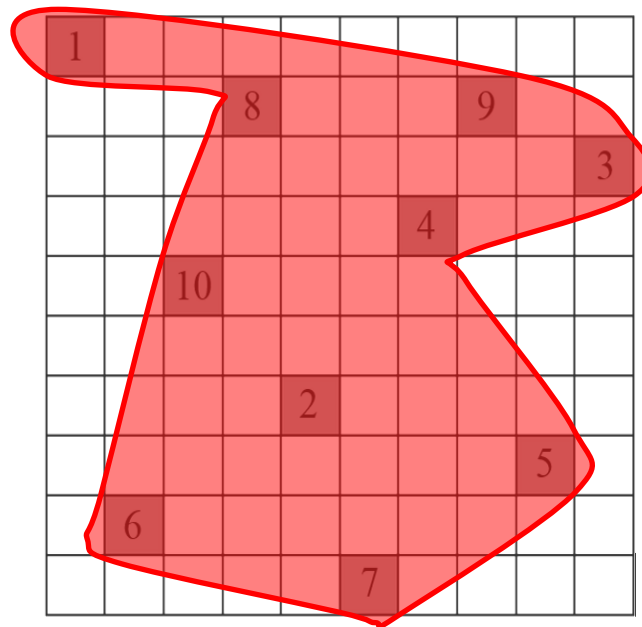


Чем **ТЕМНЕЕ** оттенок пикселя, тем **ЧАЩЕ** в соответствующем элементе матрицы располагались УКР.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
ПОСТАНОВЩИКОВ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ  
СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
«УСПЕШНЫХ КООРДИНАТ РЕТРАНСЛЯТОРОВ»



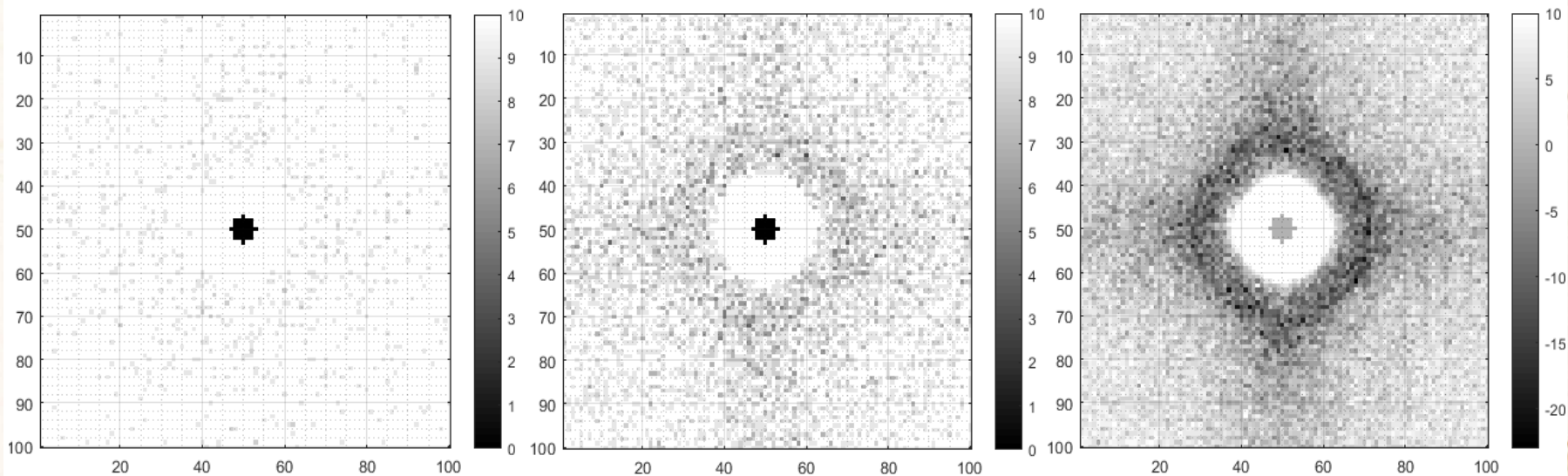
алгоритм с полным  
перебором элементов  
матрицы



алгоритм с перебором  
случайных элементов  
матрицы

При **РАВНОМ** количестве итераций расположение обрабатываемых элементов матрицы **РАЗЛИЧНОЕ**.

**ЗАВИСИМОСТЬ ВИДА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТ КОЛИЧЕСТВА ИТЕРАЦИЙ**



**$s = 10^4$**   
**( $t = 5$  сек.)**

**$s = 10^5$**   
**( $t = 1$  мин. 41 сек.)**

**$s = 10^6$**   
**( $t = 1$  ч. 46 мин.)**

**С УВЕЛИЧЕНИЕМ** количества итераций **УВЕЛИЧИВАЕТСЯ** информативность изображения и время вычислений.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОСТАНОВЩИКОВ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОДА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ РЕТРАНСЛЯТОРОВ НА МЕСТНОСТИ

15

1) ввод исходных данных

2) формирование «нулевой» матрицы

3) цикл №1

3.1) итерация №1

3.1.1) внесение в матрицу координат ОП

3.1.2) внесение в матрицу случайных координат Р и носителя РСА

3.1.3) расчет наклонных дальностей между Р и носителем РСА

3.1.4) расчет положения формируемой шумовой полосы

3.1.5) подсчет повторяющихся элементов УКР

3.1.6) расчет качества скрытия ОП  $k$

3.1.7) запись координаты Р ( $x, y$ ) и значения  $k$  в массив данных М

3.1.8) «очистка» матрицы

3.s) итерация №s

4) внесение в матрицу координат ОП

5) цикл №2

5.1) итерация №1

5.1.1) внесение в матрицу координат Р из массива данных М

5.s) итерация №s

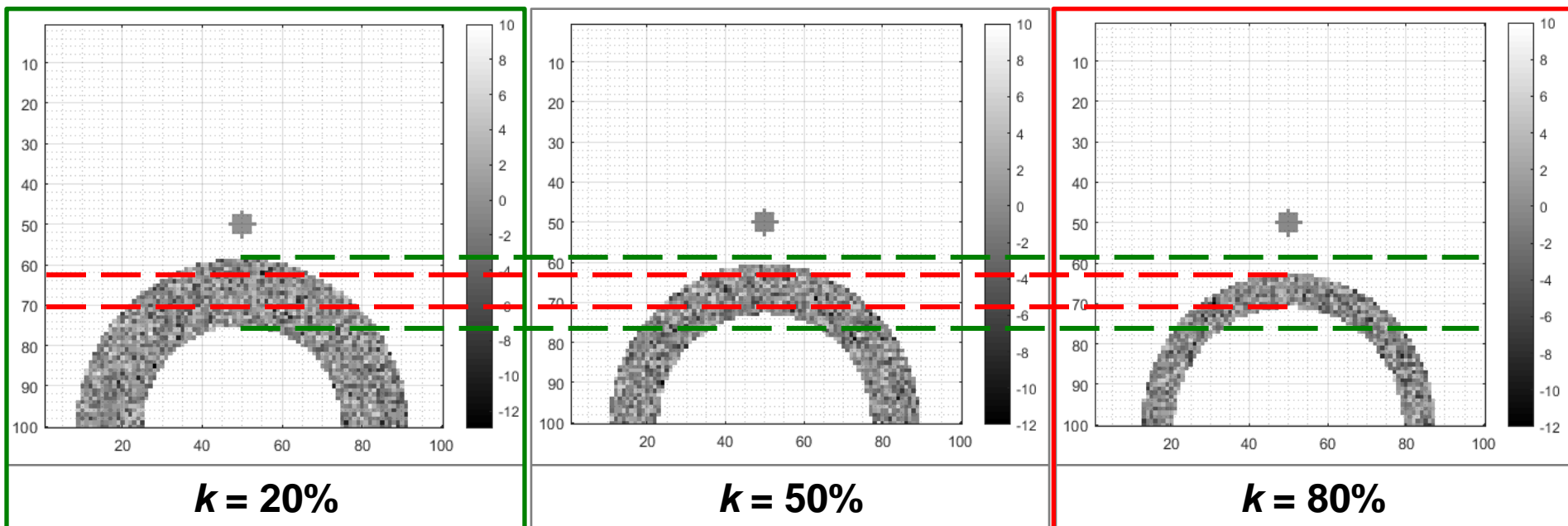
6) формирование изображения

*определение положения шумовой  
полосы относительно объекта  
прикрытия для случайных  
координат носителя РСА  
и ретранслятора*

*формирование матрицы,  
отражающей закономерность  
распределения «успешных  
координат ретрансляторов»*

**ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УКР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ  
НОСИТЕЛЯ РСА И КАЧЕСТВЕ СКРЫТИЯ ОБЪЕКТА ПРИКРЫТИЯ**

*при расположении носителя РСА неподвижно*

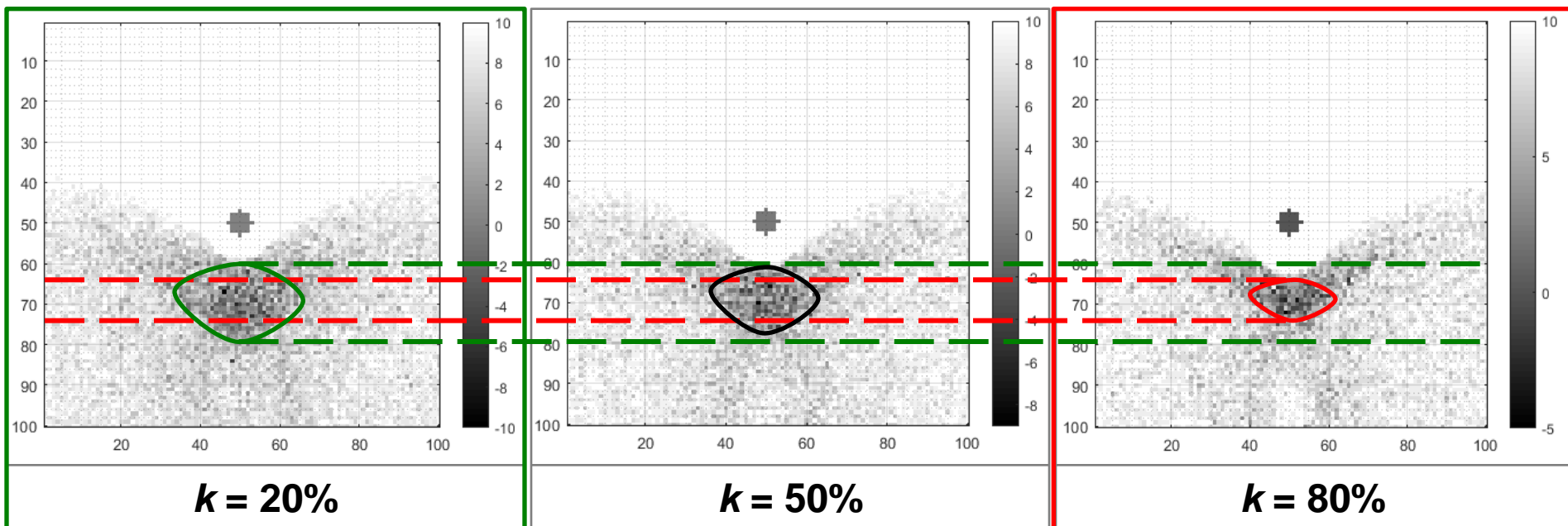


С **УВЕЛИЧЕНИЕМ** требований к качеству скрытия объекта прикрытия **УМЕНЬШАЕТСЯ** размер области плотного расположения УКР.



**ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УКР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ  
НОСИТЕЛЯ РСА И КАЧЕСТВЕ СКРЫТИЯ ОБЪЕКТА ПРИКРЫТИЯ**

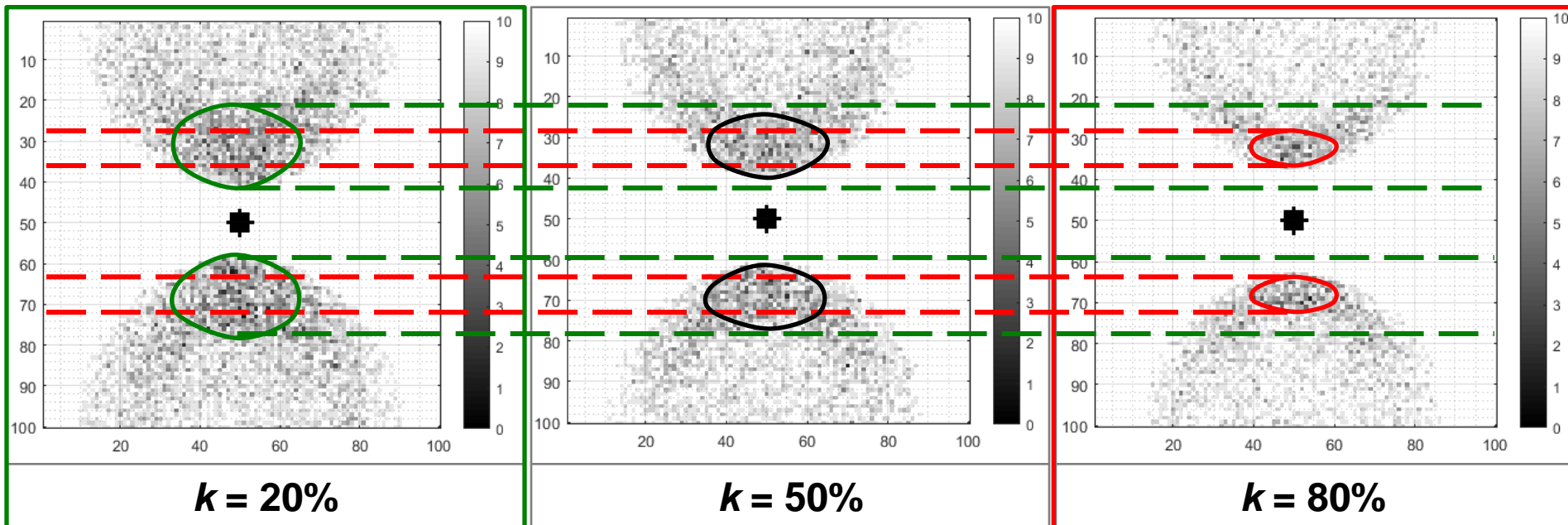
*при расположении носителя РСА случайно  
на нижней строке матрицы*



С **УВЕЛИЧЕНИЕМ** требований к качеству скрытия объекта прикрытия **УМЕНЬШАЕТСЯ** размер области плотного расположения УКР.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
ПОСТАНОВЩИКОВ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ  
ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УКР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ  
НОСИТЕЛЯ РСА И КАЧЕСТВЕ СКРЫТИЯ ОБЪЕКТА ПРИКРЫТИЯ

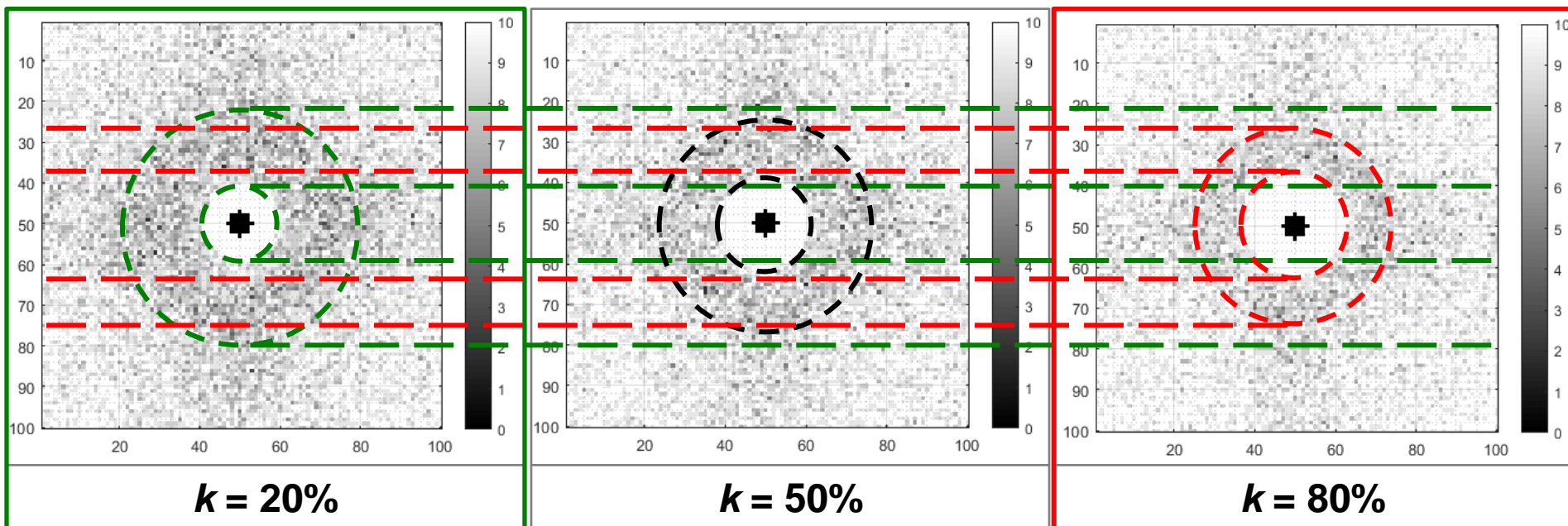
*при расположении носителя РСА случайно  
на вертикальной оси, проходящей через ОП*



С **УВЕЛИЧЕНИЕМ** требований к качеству скрывания  
объекта прикрытия **УМЕНЬШАЕТСЯ** размер области  
плотного расположения УКР.

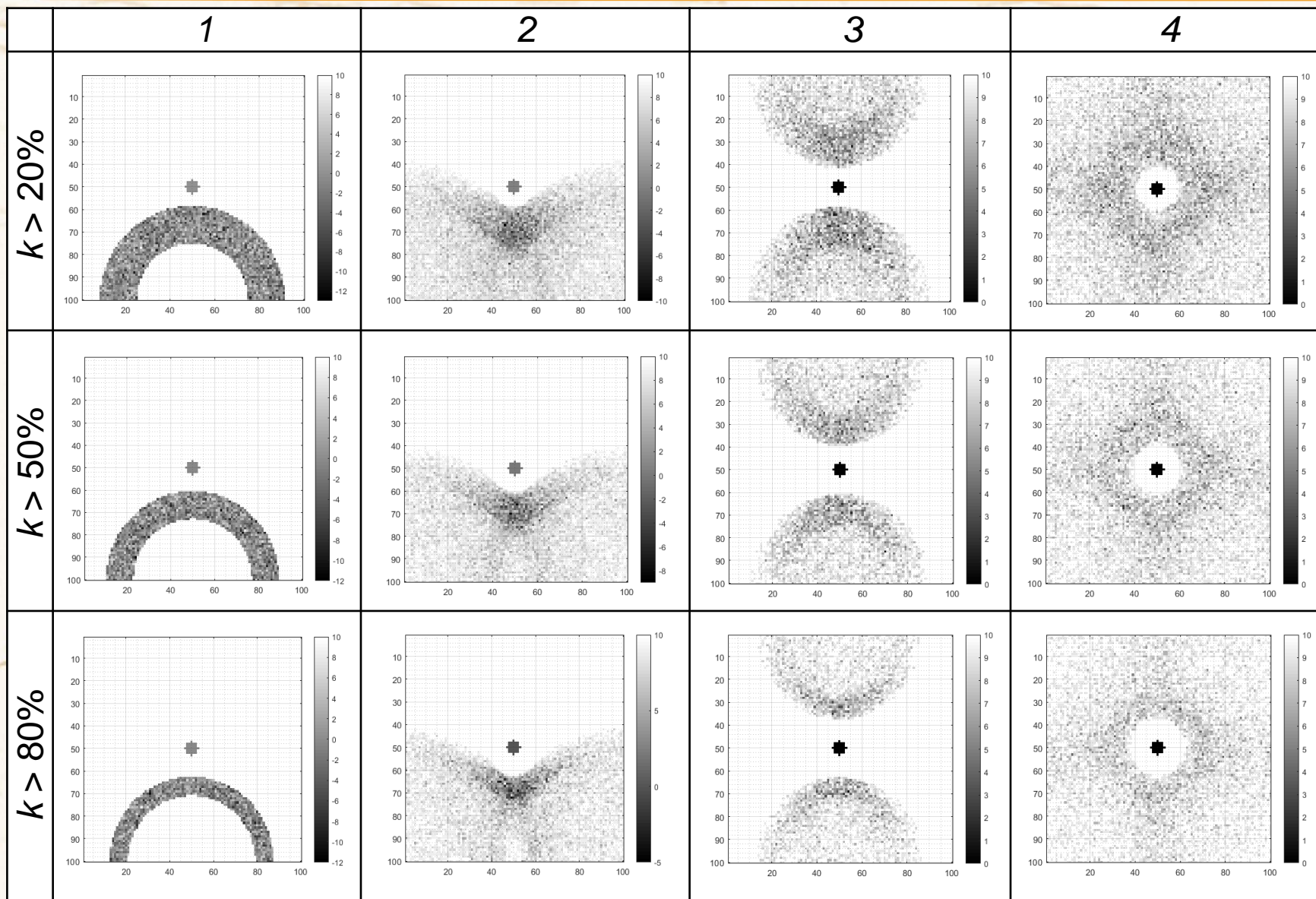
**ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УКР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ  
НОСИТЕЛЯ РСА И КАЧЕСТВЕ СКРЫТИЯ ОБЪЕКТА ПРИКРЫТИЯ**

*при расположении носителя РСА случайно  
во всей области*

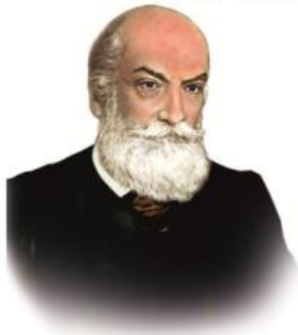


С **УВЕЛИЧЕНИЕМ** требований к качеству скрывания  
объекта прикрытия **УМЕНЬШАЕТСЯ** размер области  
плотного расположения УКР.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ



**ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО И Ю.А. ГАГАРИНА**



**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОСТАНОВЩИКОВ  
РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ**

**Адъюнкт 53 кафедры  
Мазин Антон Сергеевич**

**г. Воронеж  
2021 г.**