

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Занятие №2

«Воздействие сигнала и шума на линейный АД»

Группа: ЭР-15-15

Студент: Жеребин В. Р.

Преподаватель: Наумова Ю.Д.

Москва

2019

Лабораторная работа

«Статистические характеристики шума на выходе АД»

Учитывая, что в модели лабораторной работы эффективное напряжение шума на входе АД принято равным 0,1 В, а среднее значение выходного напряжения равно 0,1 В, то значение коэффициента передачи АД K_d будет составлять 1.

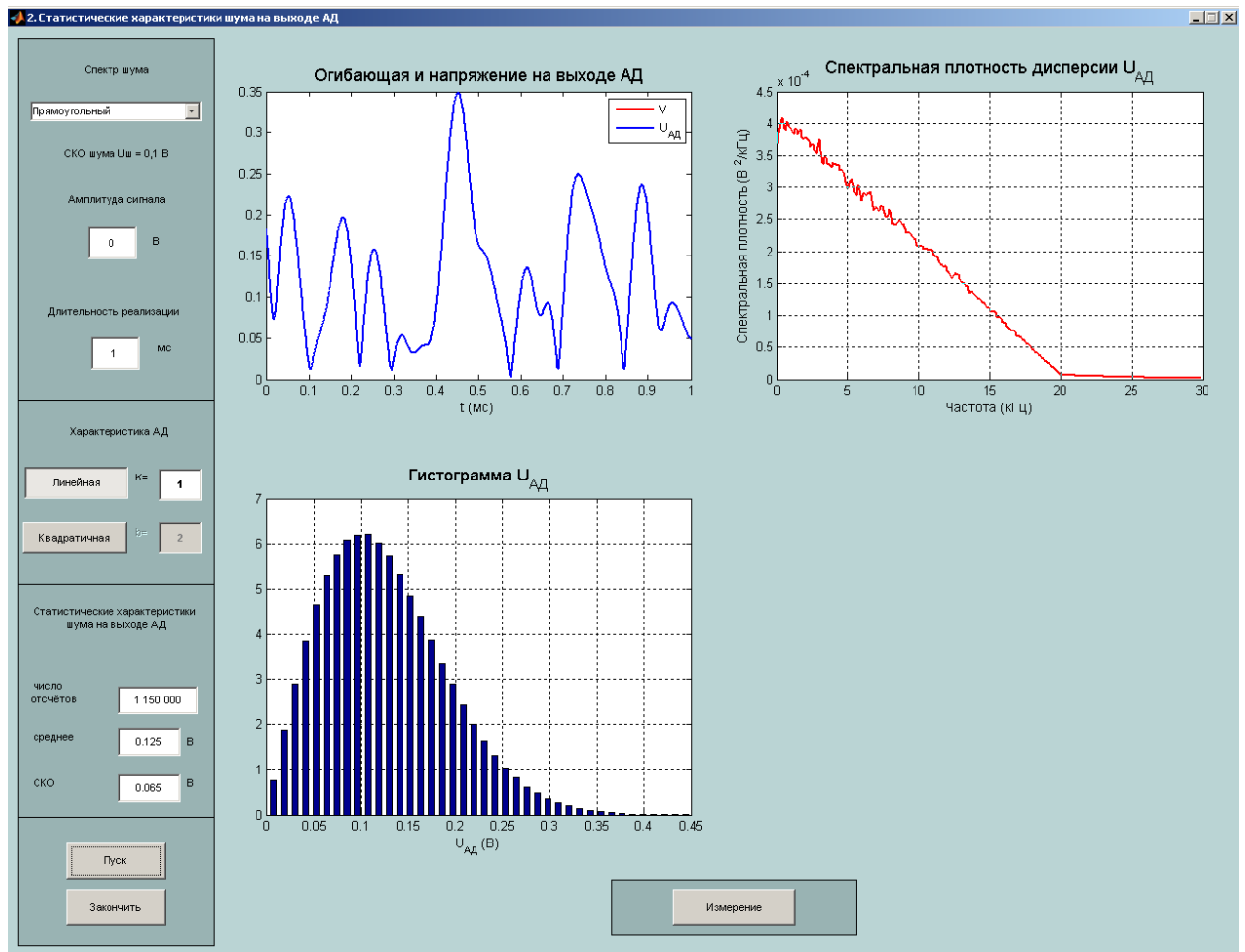


Рис.1. Результат моделирования: при $K_d = 1$ и $a = 0$

Среднее значение напряжения на выходе АД:

$$\bar{U} = K_d U_{ш} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \approx 1 \cdot 0,1 \cdot 1,25 = 0,125 \text{ В}$$

Эффективное напряжение (СКО) шума:

$$\sigma_U = K_d U_{ш} \sqrt{\frac{4 - \pi}{2}} \approx 1 \cdot 0,1 \cdot 0,66 = 0,066 \text{ В}$$

Измеренные значения среднего напряжения и СКО на выходе АД совпадают с теоретическими.

В общем случае среднее значение напряжения на выходе АД определяется выражением:

$$\bar{U} = K_d U_{ш} M(a), \text{ где } M(a) - \text{функция зависящая от } a, a = \frac{U_c}{U_{ш}}$$

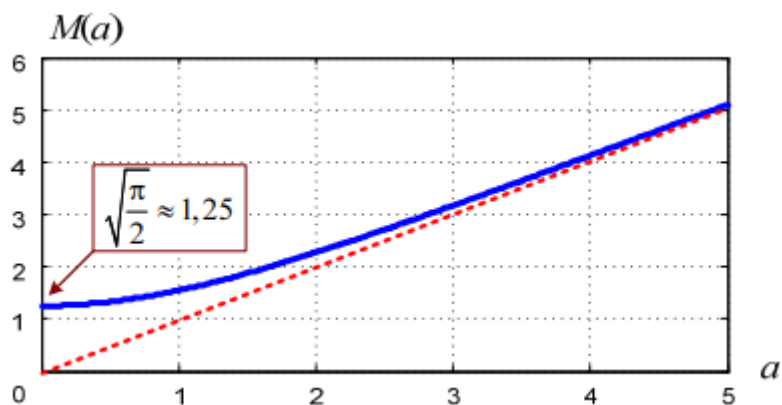


Рис.2. График функции $M(a)$

В общем случае эффективное напряжение шума определяется выражением:

$$\sigma_U = K_d U_{ш} N(a), \text{ где } N(a) - \text{функция зависящая от } a, a = \frac{U_c}{U_{ш}}$$

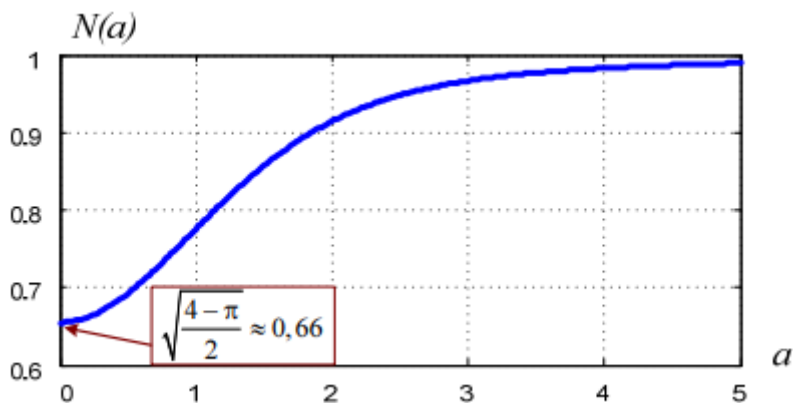


Рис.3. График функции $N(a)$

Зависимости постоянной составляющей и эффективного значения напряжения на выходе АД от амплитуды сигнала, при неизменном уровне шума на входе АД, будут соответствовать форме функциям $M(a)$ и $N(a)$ соответственно.

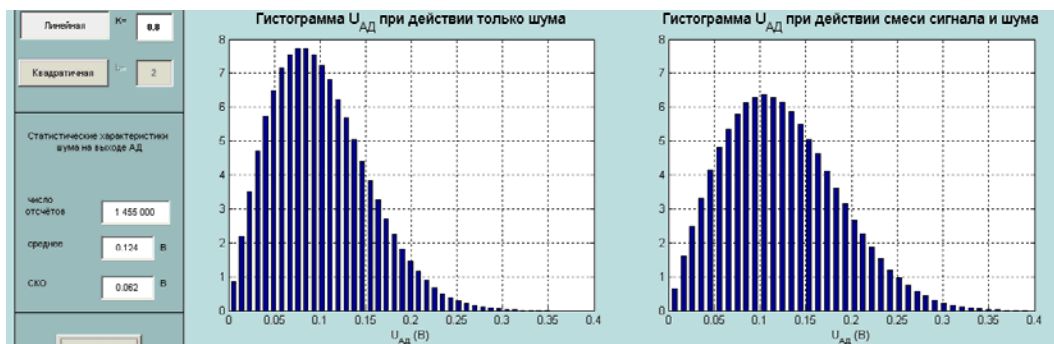


Рис.4.1. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 1$

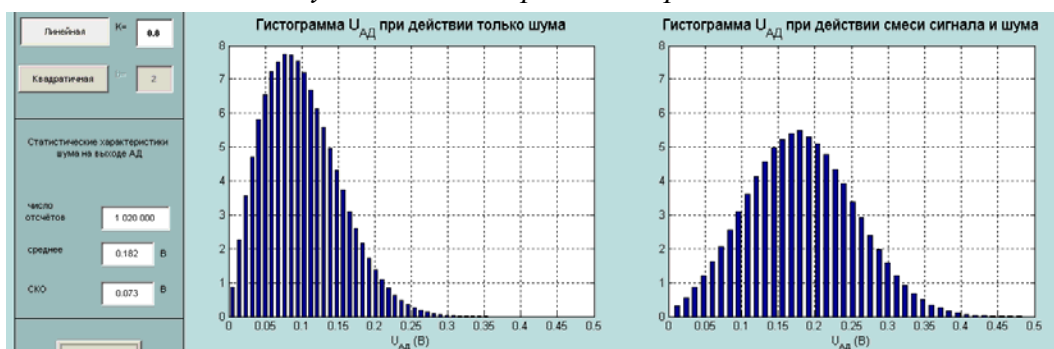


Рис.4.2 Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 2$

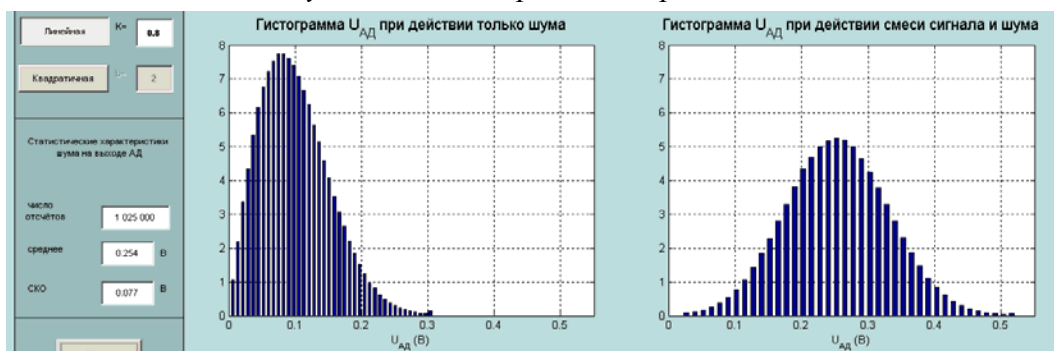


Рис.4.3. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 3$

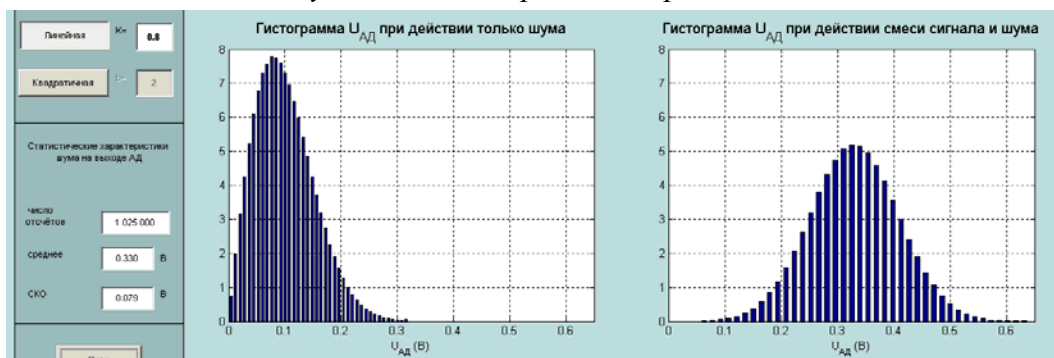


Рис.4.4. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 4$

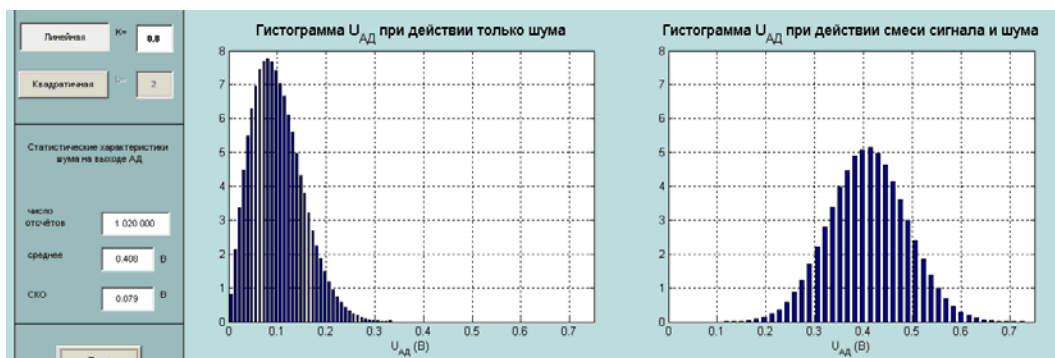


Рис.4.5. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 5$

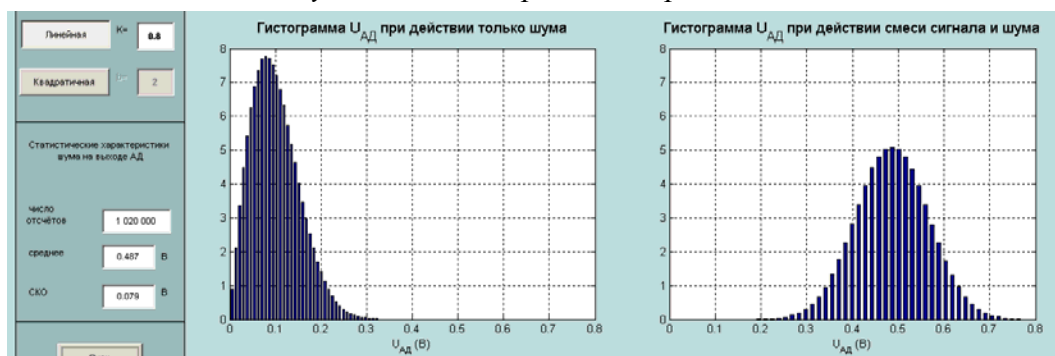


Рис.4.6. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 6$

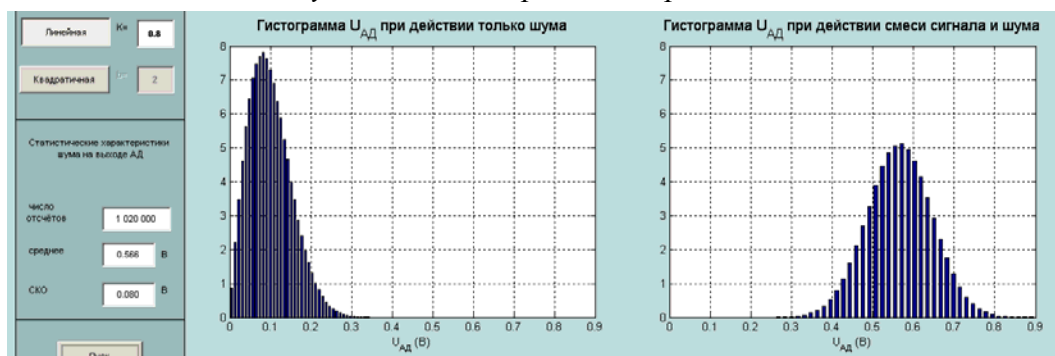


Рис.4.7. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 7$

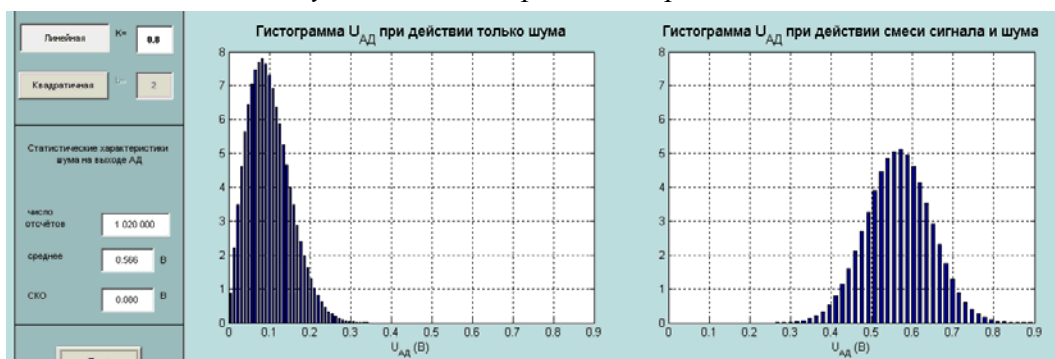


Рис.4.8. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 8$

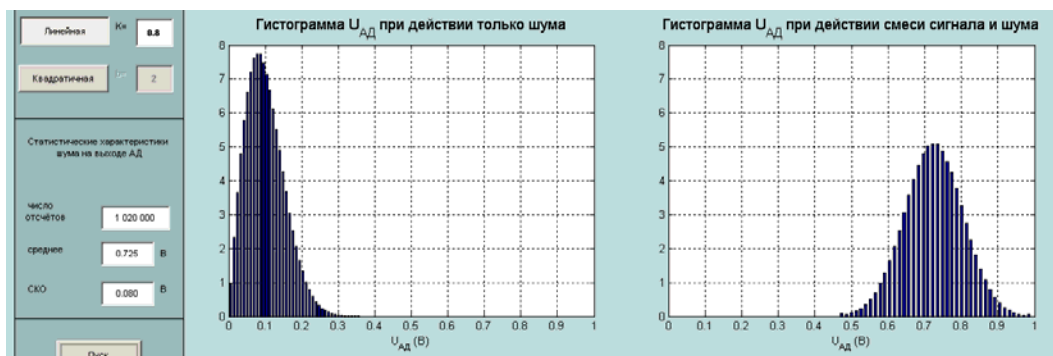


Рис.4.9. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 9$

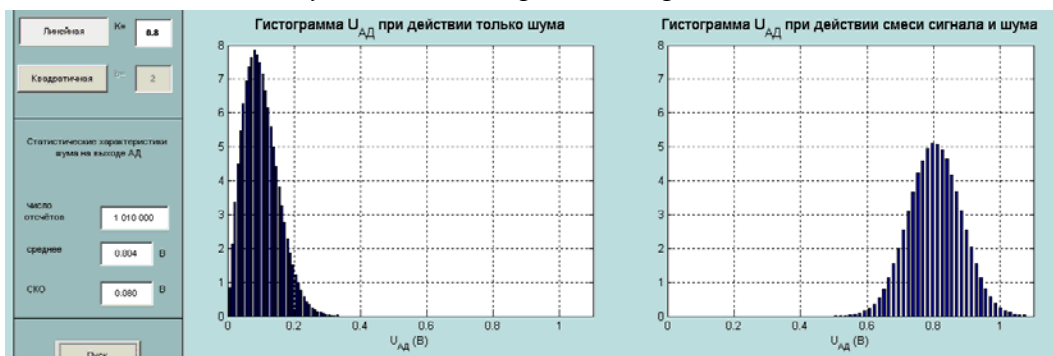


Рис.4.10. Результат моделирования: при $K_d = 0,8$ и $a = 10$

Выводы: при отсутствии сигнала на входе АД, на выходе будет формироваться случайный процесс с законом распределения Релея со средним значением $\bar{U} = 0,125 В$ и СКО $\sigma_U = 0,066 В$. С повышением амплитуды сигнала увеличивается отношение сигнал/шум, из-за чего среднее напряжение на выходе АД увеличивается, а СКО уменьшается. При отношении сигнал/шум более 3, закон распределения на выходе АД становится нормальным. Это происходит потому, что синусная составляющая шума практически перестает влиять на сумму сигнала и шума, а так как косинусная составляющая имеет нормальный закон распределения с нулевым мат. ожиданием, то огибающая суммы сигнала и шума на выходе АД будет иметь нормальный закон распределения с средним значением равным амплитуде сигнала.

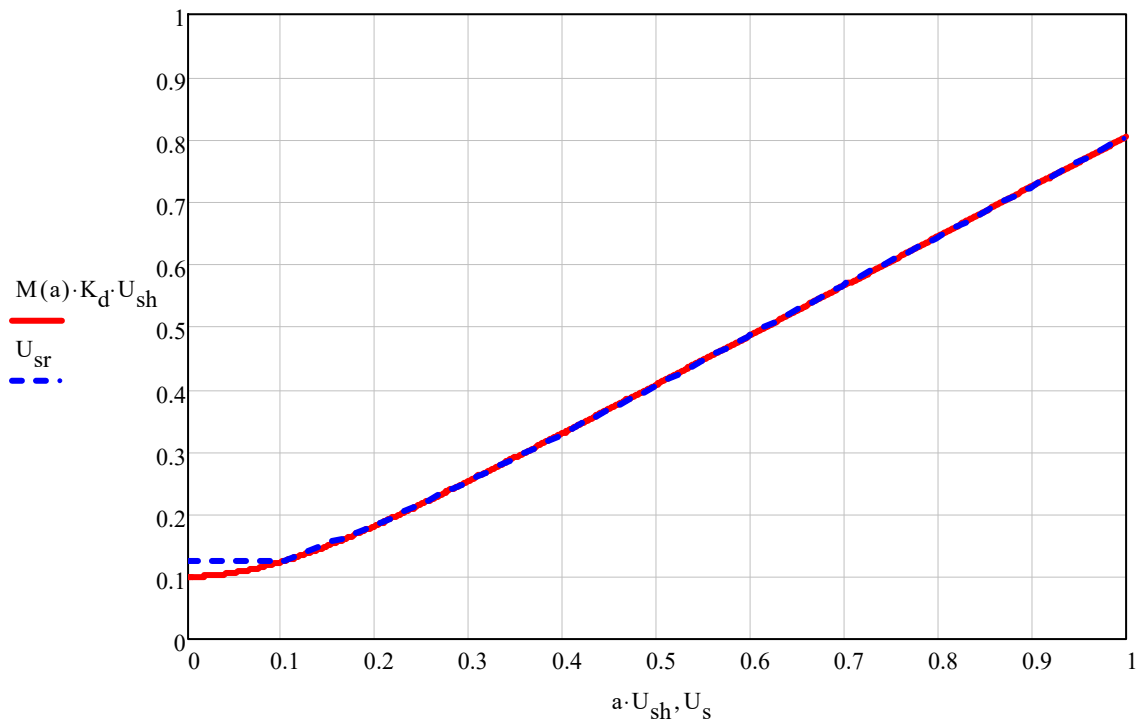


Рис.5. График зависимости теоретической и измеренной постоянной составляющей напряжения на выходе АД

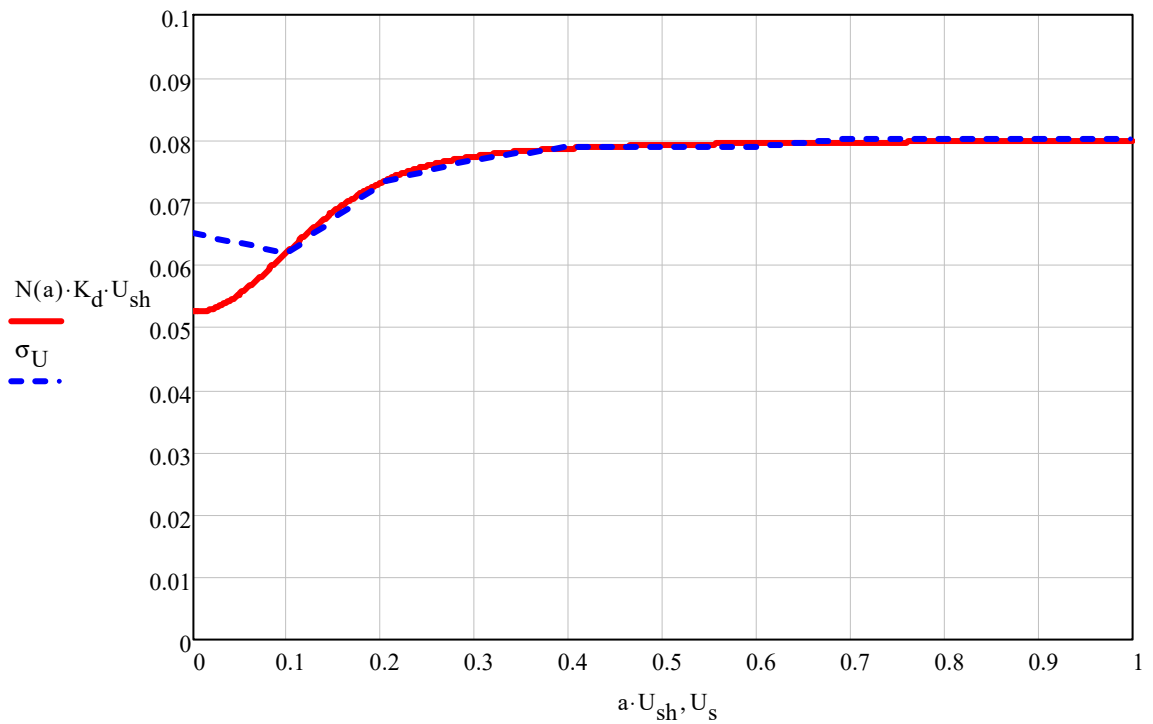


Рис.6. График зависимости теоретического и измеренного эффективного значения напряжения на выходе АД

При малом отношении сигнал/шум теоретическая зависимость несколько отличается от измеренного.

«Комплексная огибающая квазигармонического колебания»

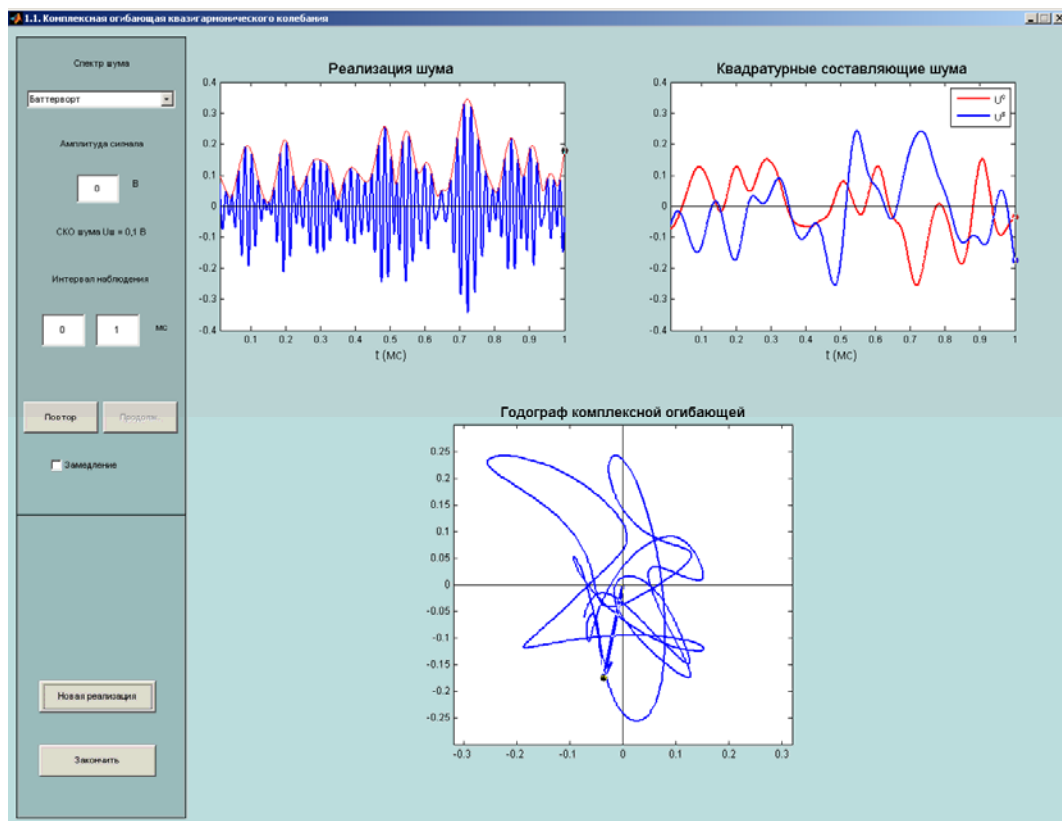


Рис.7.1. Результат моделирования на интервале $[0, 1 \text{ мс}]$, при $a = 0$

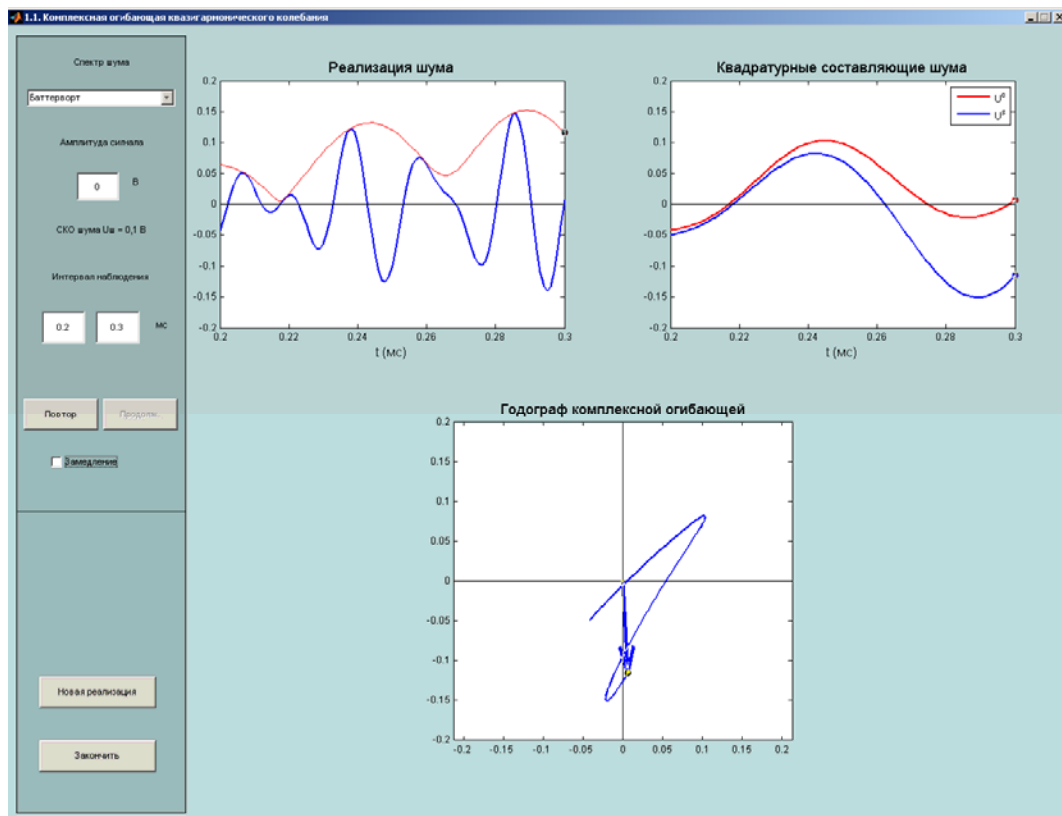


Рис.7.2. Результат моделирования на интервале $[0.2, 0.3 \text{ мс}]$, при $a = 0$

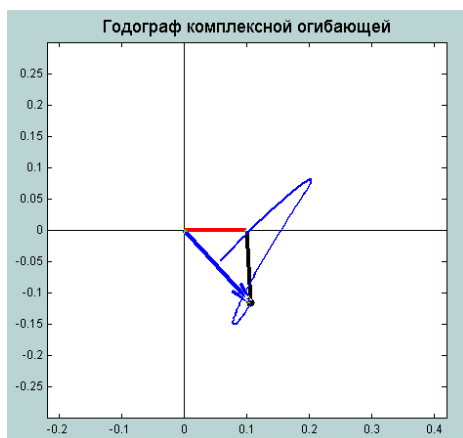


Рис.7.3. Результат моделирования на интервале $[0.2, 0.3 \text{ мс}]$, при $a = 1$

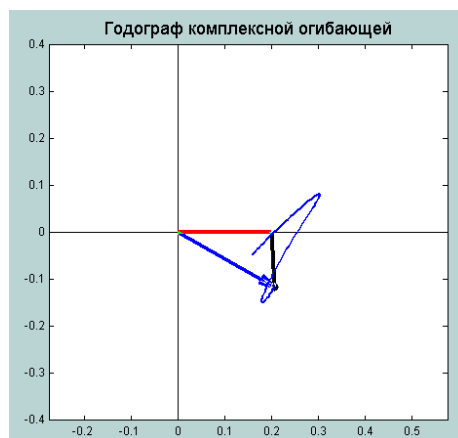


Рис.7.4. Результат моделирования на интервале $[0.2, 0.3 \text{ мс}]$, при $a = 2$

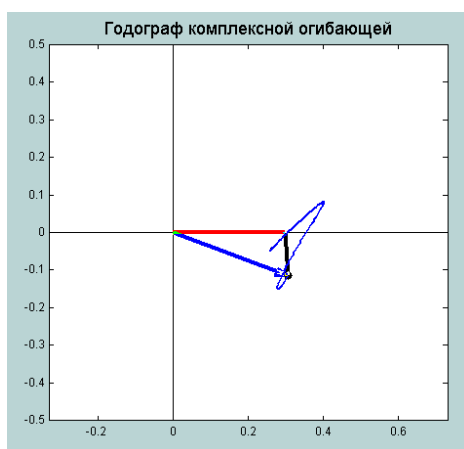


Рис.7.4. Результат моделирования на интервале $[0.2, 0.3 \text{ мс}]$, при $a = 3$

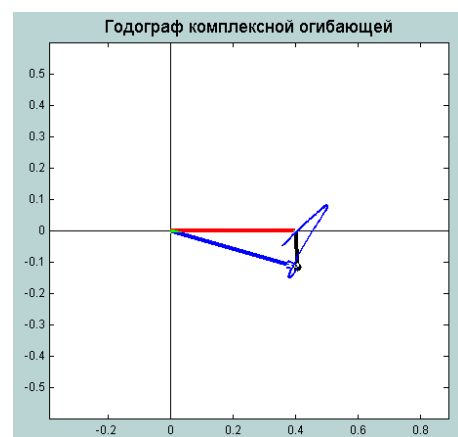


Рис.7.4. Результат моделирования на интервале $[0.2, 0.3 \text{ мс}]$, при $a = 4$

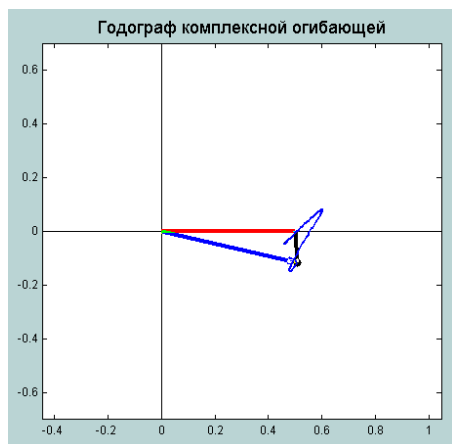


Рис.7.4. Результат моделирования на интервале $[0.2, 0.3 \text{ мс}]$, при $a = 5$

Выводы: при отсутствии сигнала на входе АД огибающая зависит только от составляющих шума, если обе составляющих будут равны нулю в определенный момент времени, то огибающая в этот момент времени будет

иметь провал до нуля, а годограф пройдет через нуль. При увеличении амплитуды сигнала, увеличивается косинусная составляющая, а синусная остается неизменной, в результате чего синусная оказывает меньшее влияние на огибающую. Поэтому при больших значениях отношения сигнал/шум огибающая смеси сигнала и шума будет зависеть только от амплитуды сигнала и косинусной составляющей шума, и чем больше будет уровень сигнала, тем больше будет значение постоянной составляющей огибающей.

«Статистические характеристики огибающей квазигармонического колебания»

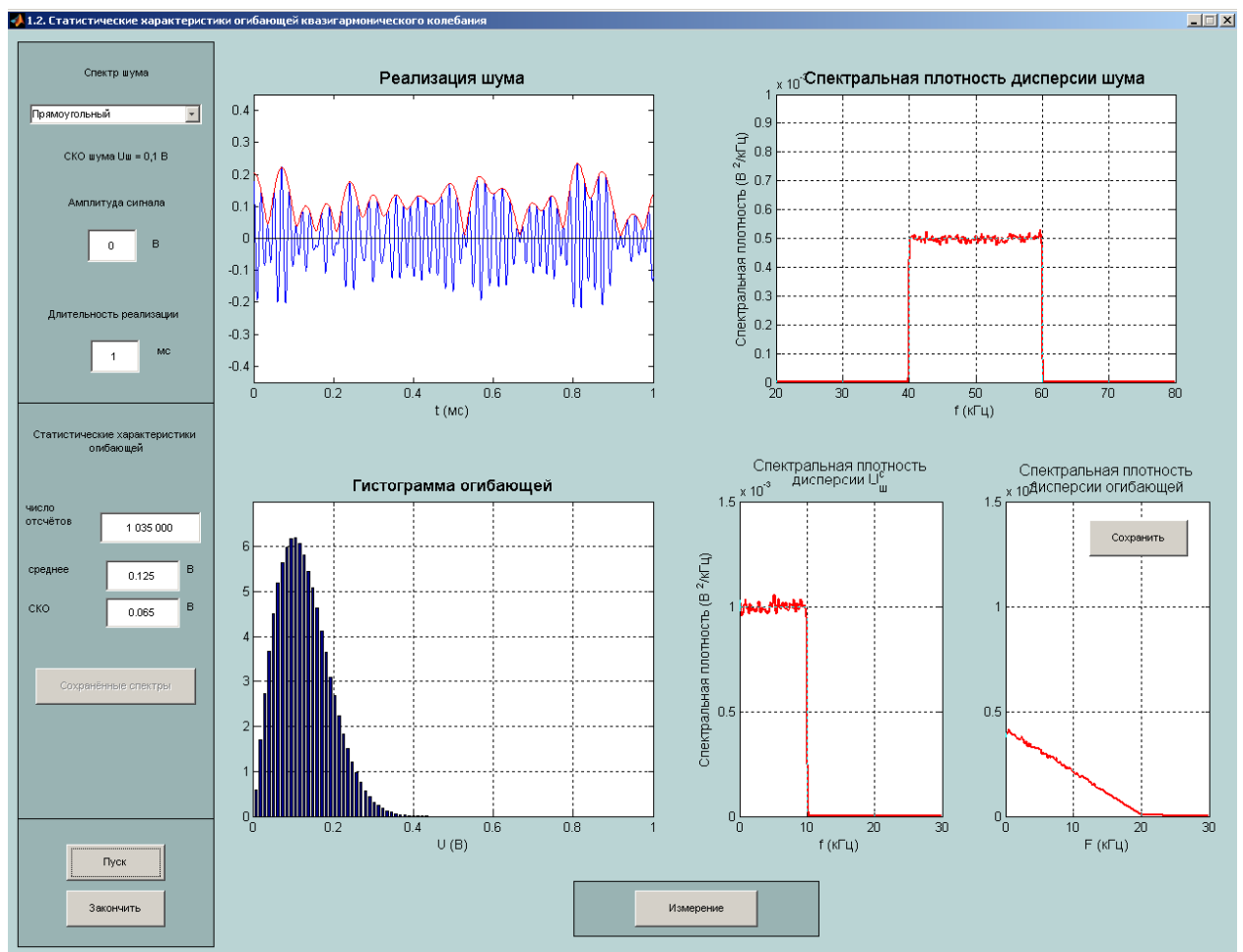


Рис.8. Результат моделирования статистических характеристик при $a = 0$

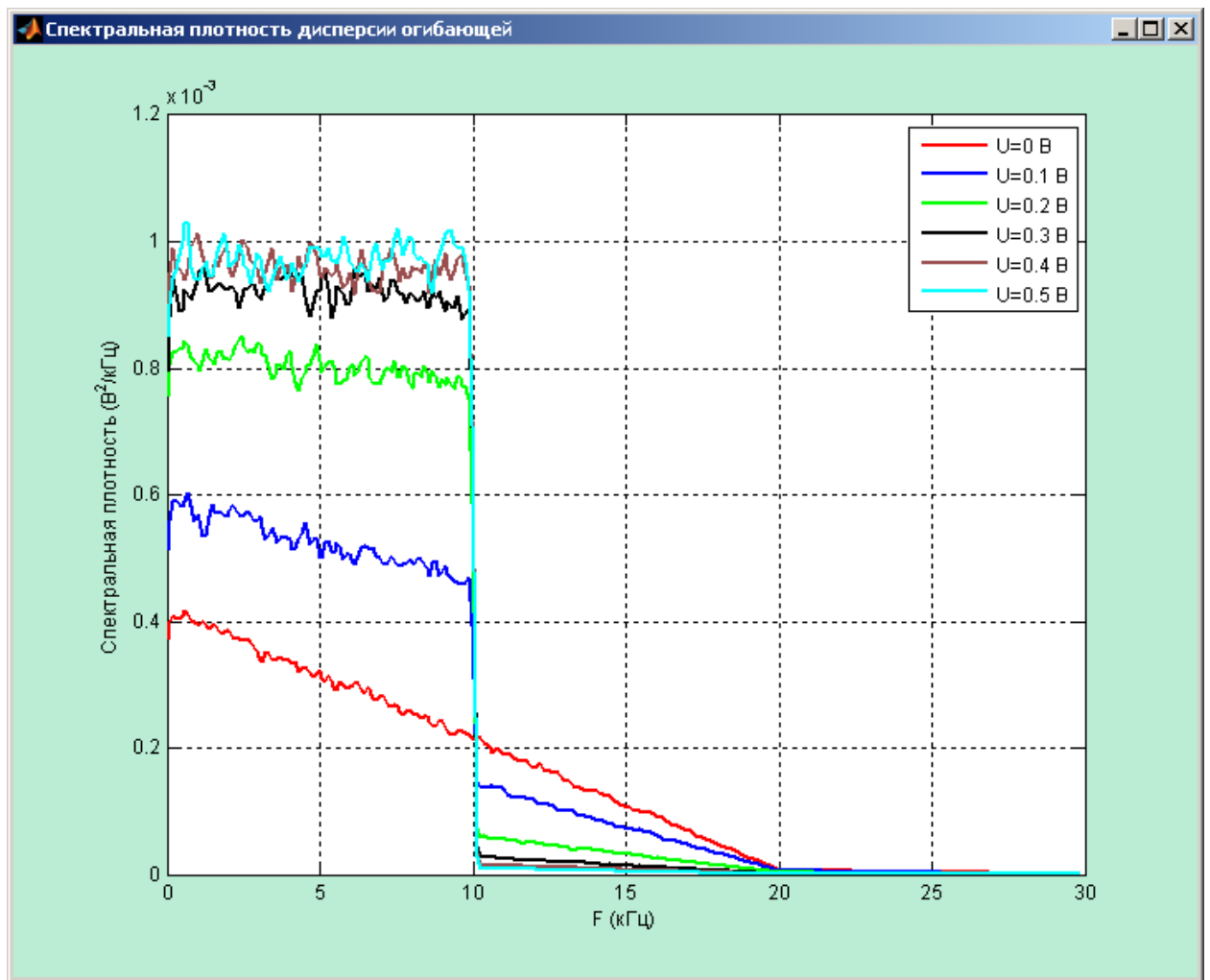


Рис.9. Семейство энергетических спектров шумовой составляющей огибающей для значений амплитуды сигнала 0В, 0.1В, 0.2В, 0.3В, 0.4В и 0.5В

F = 0.07 кГц	G = 5.7e-004 В²/кГц
F = 10.12 кГц	G = 1.4e-004 В²/кГц
F = 10.12 кГц	G = 4.2e-004 В²/кГц
F = 20.17 кГц	G = 6.9e-006 В²/кГц

Рис.10. Координаты отмеченных точек

Выводы: измеренные значения спектра при отношении сигнал/шум равном единице совпадают с теоретическими: 0,56 В²/кГц (при F=0); 0,44 В²/кГц и 0,15 В²/кГц (при F=Пш/2); 0 В²/кГц (при F=Пш). С увеличением отношения с/ш энергетический спектр приобретает прямоугольный вид, так как возрастает косинусная составляющая на промежутке [0; Пш/2] за счет прибавления к ней постоянной составляющей сигнала.