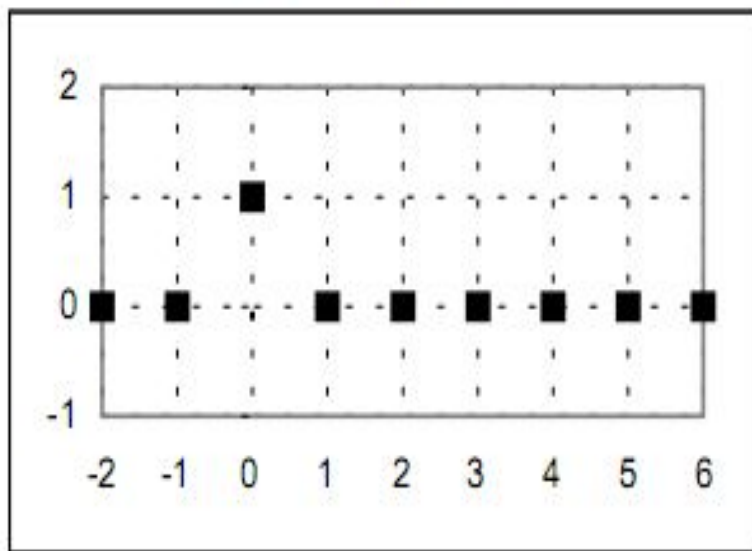


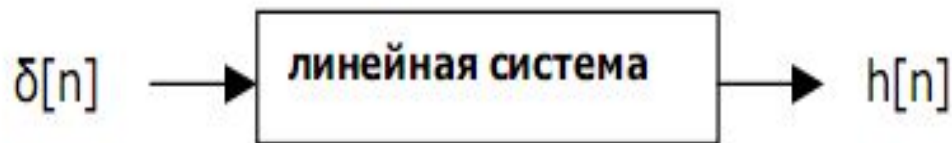
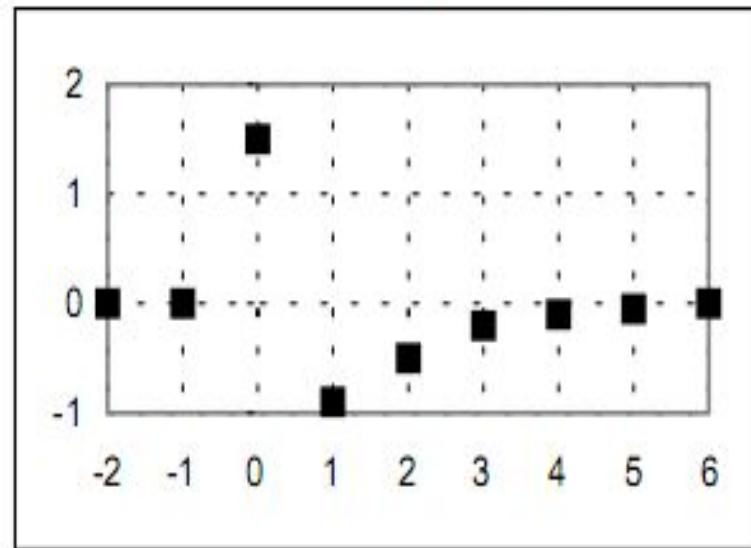
Свертка

функции и импульсной характеристики.

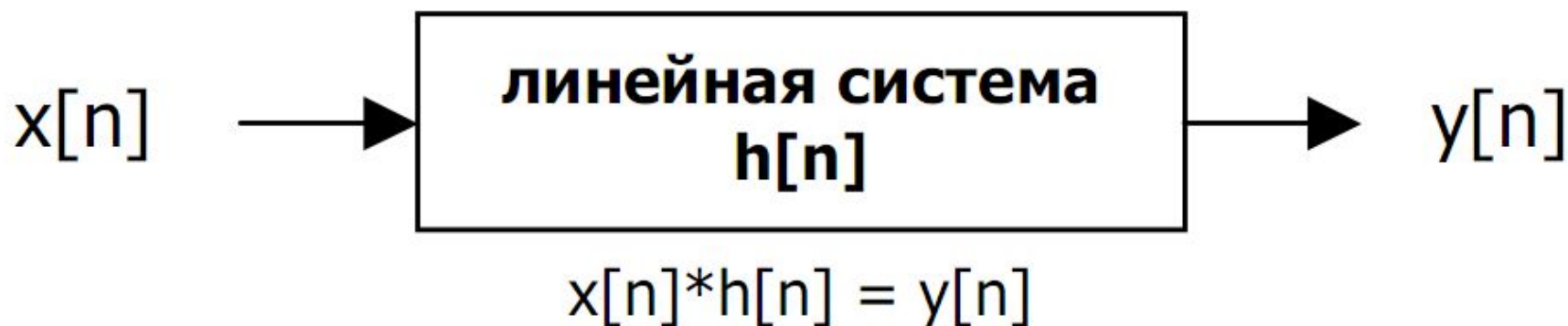
дельта-функция



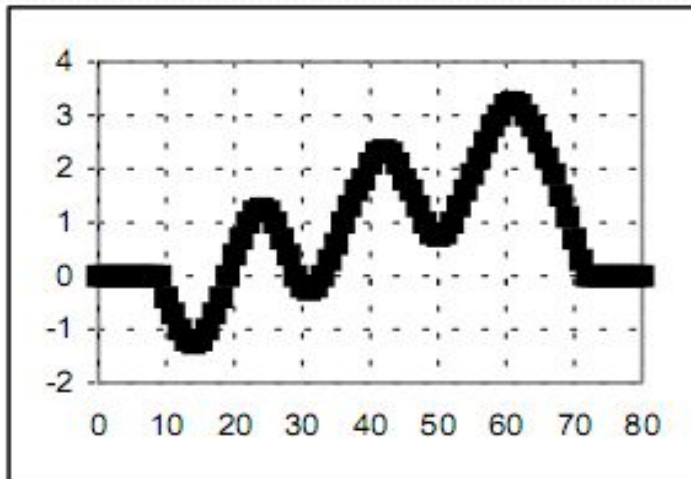
импульсная характеристика



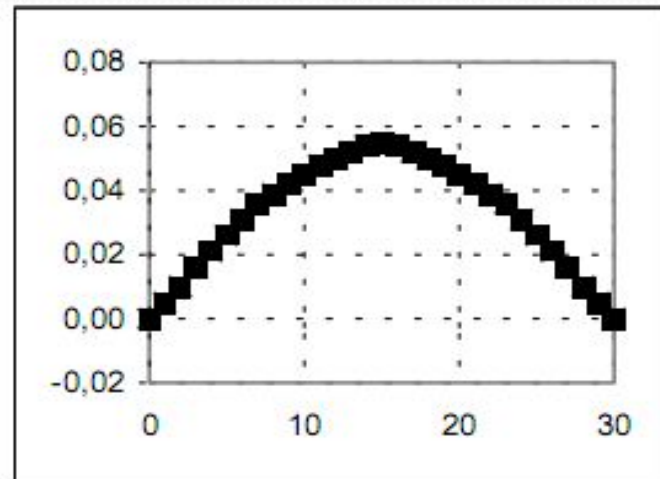
Использование операции свертки в ЦОС.



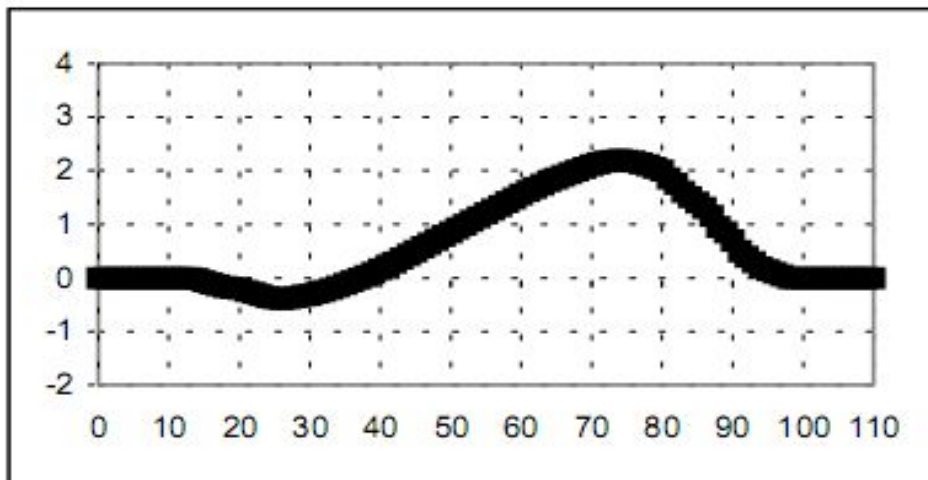
Фильтр нижних частот



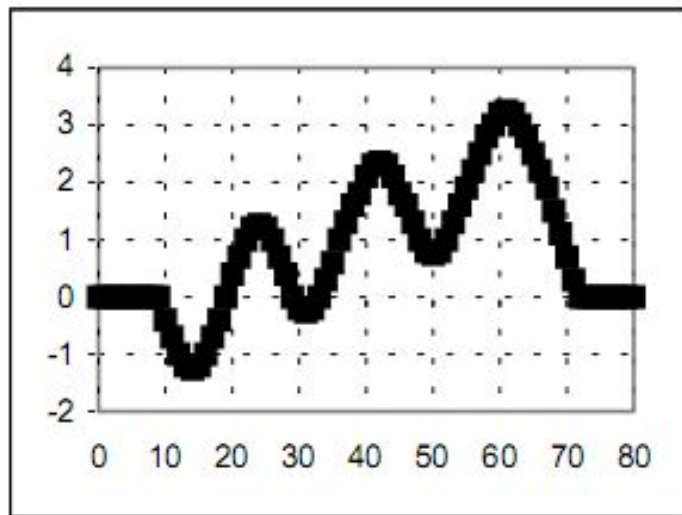
*



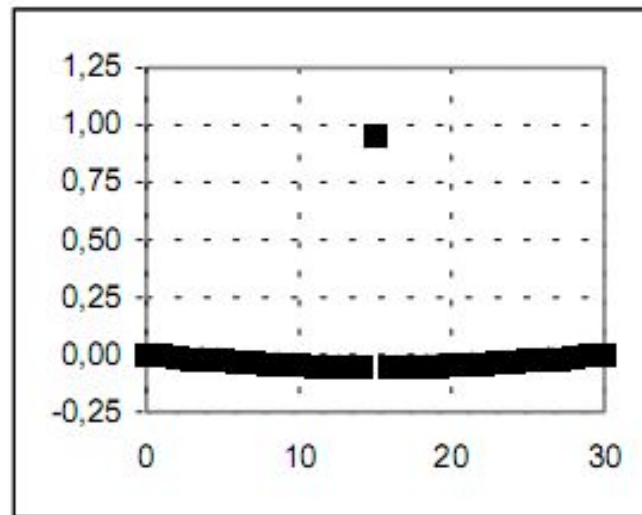
=



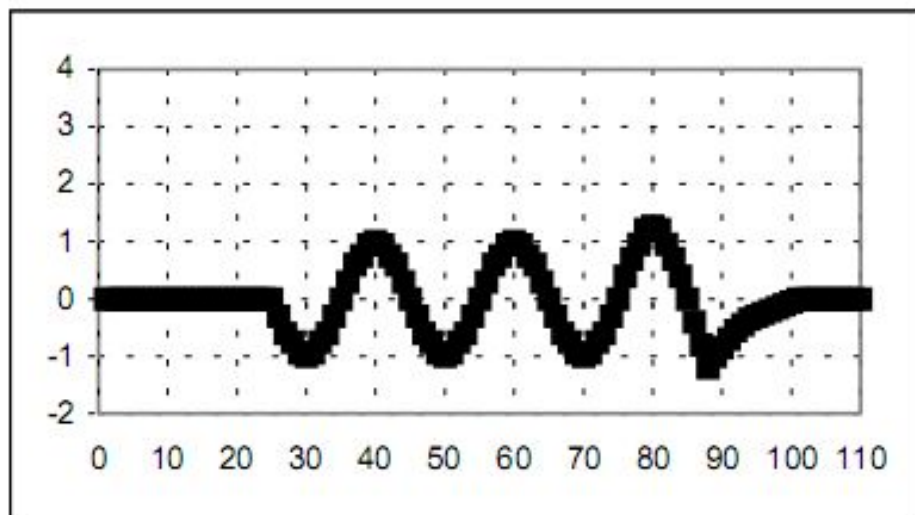
Фильтр высоких частот



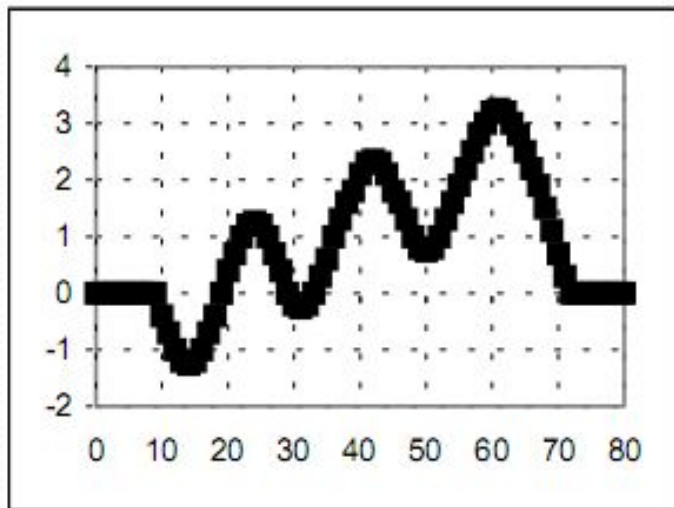
*



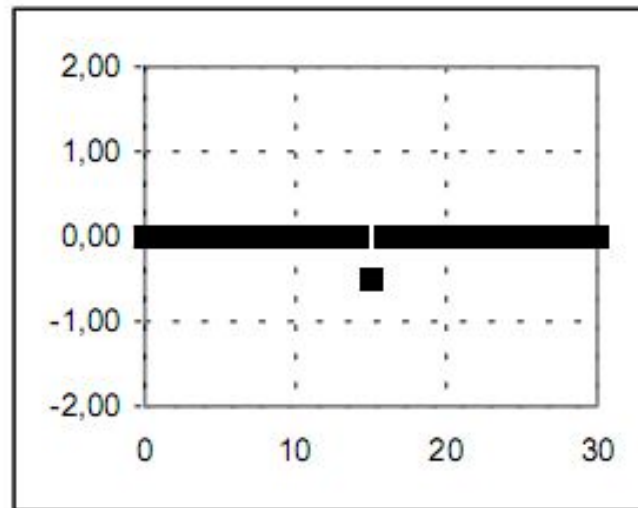
=



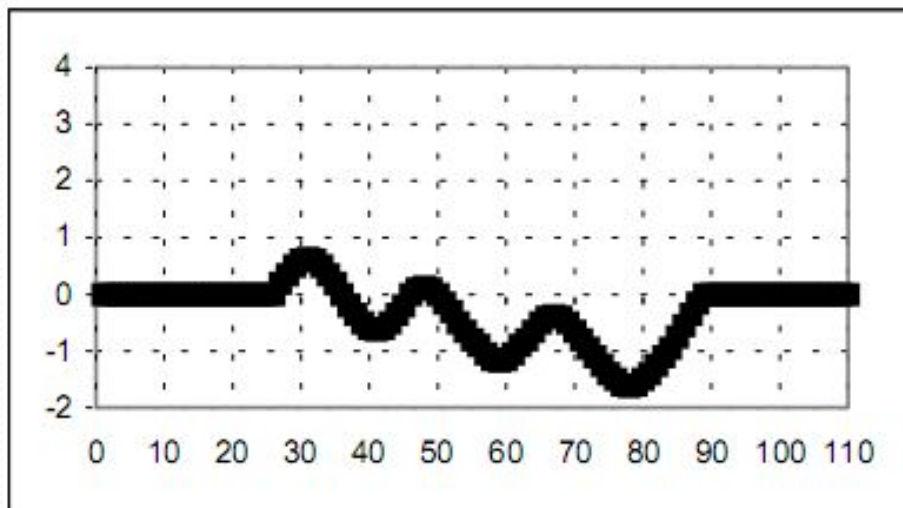
Инвертирующий аттенюатор



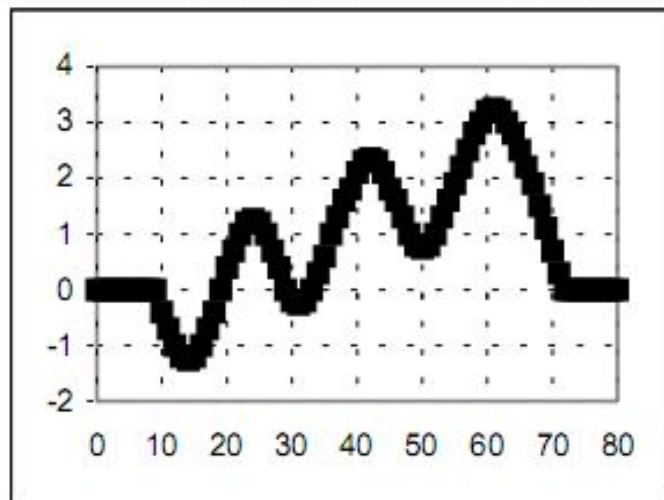
*



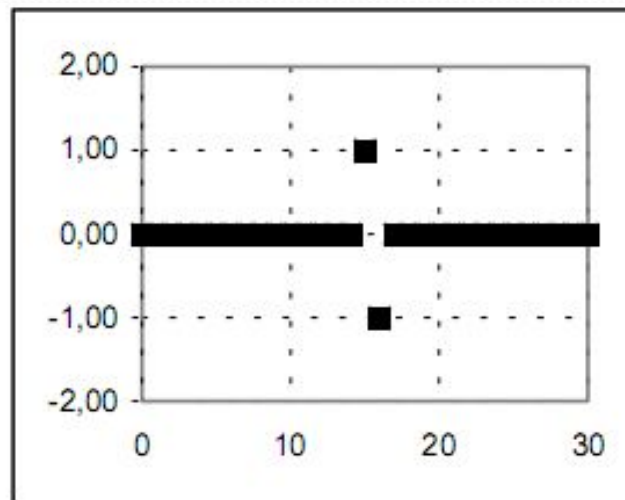
=



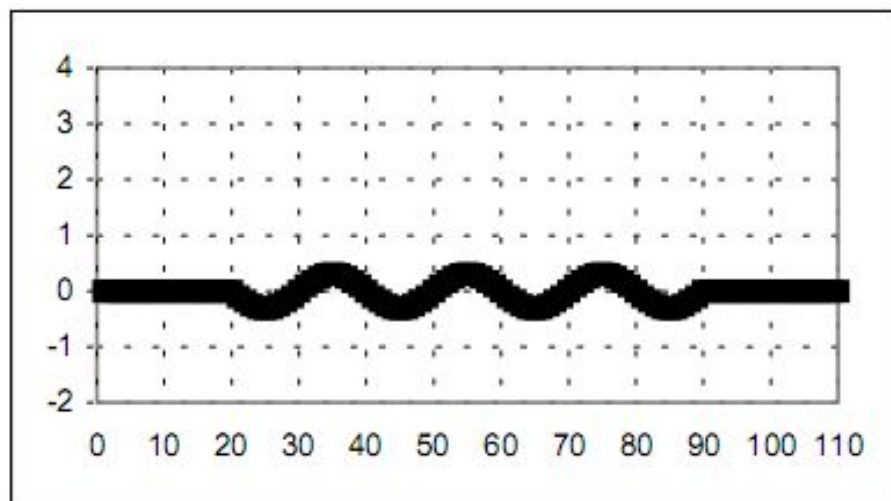
Дискретная производная



*

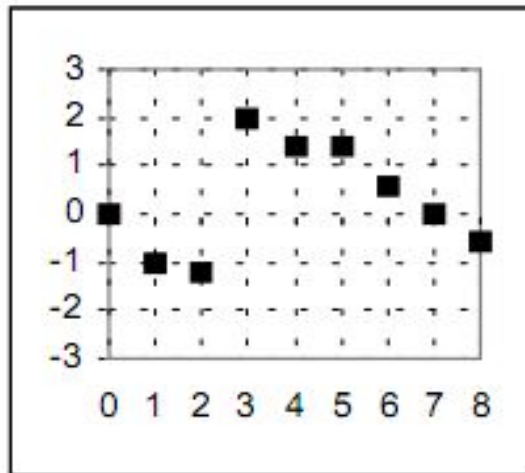


=



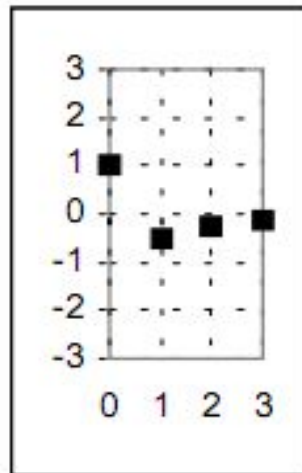
Пример операции свертки.

$x[n]$



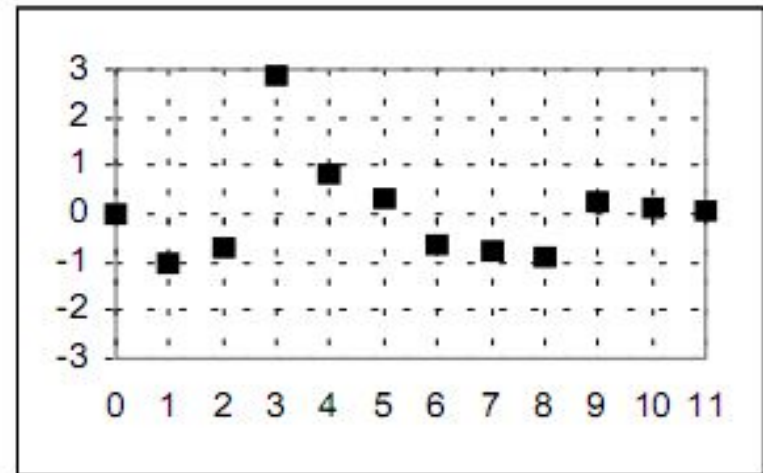
*

$h[n]$

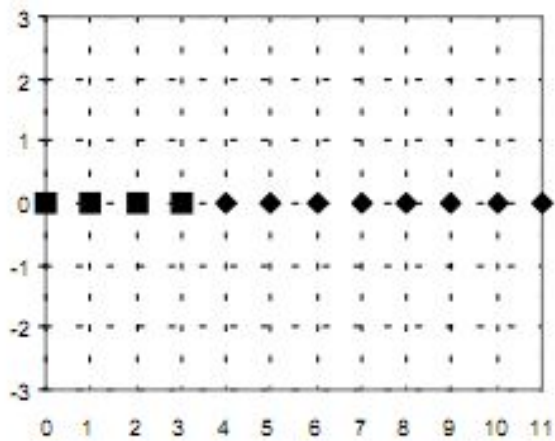
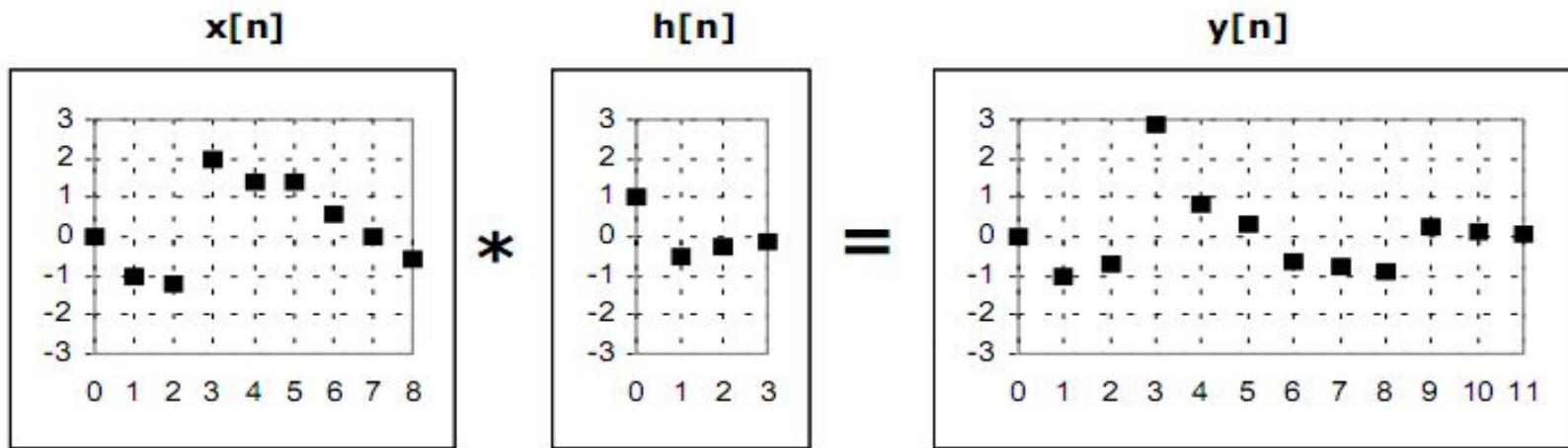


=

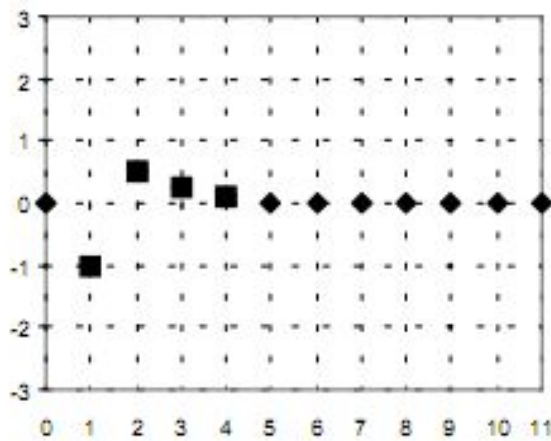
$y[n]$



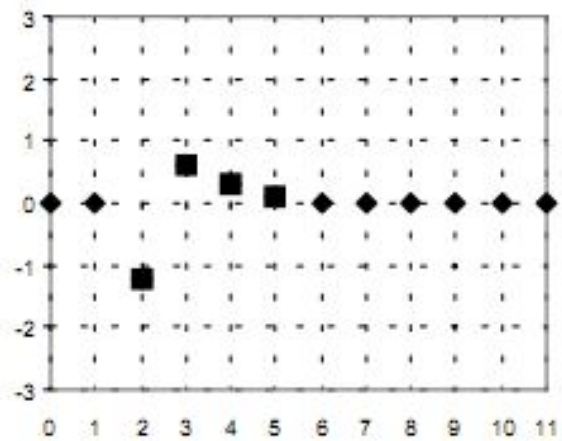
Пример операции свертки.



Точка 0

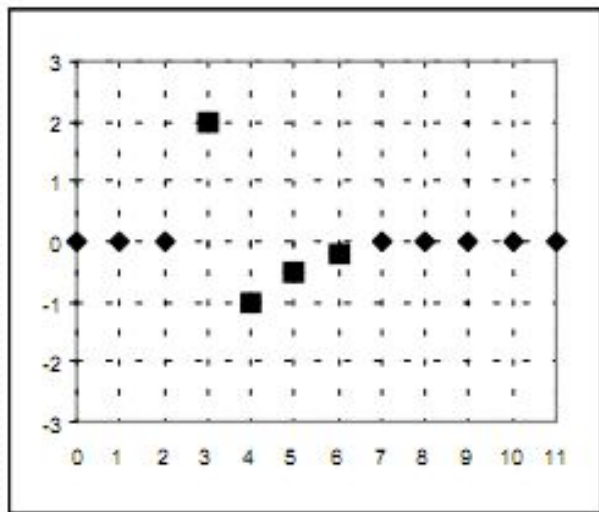
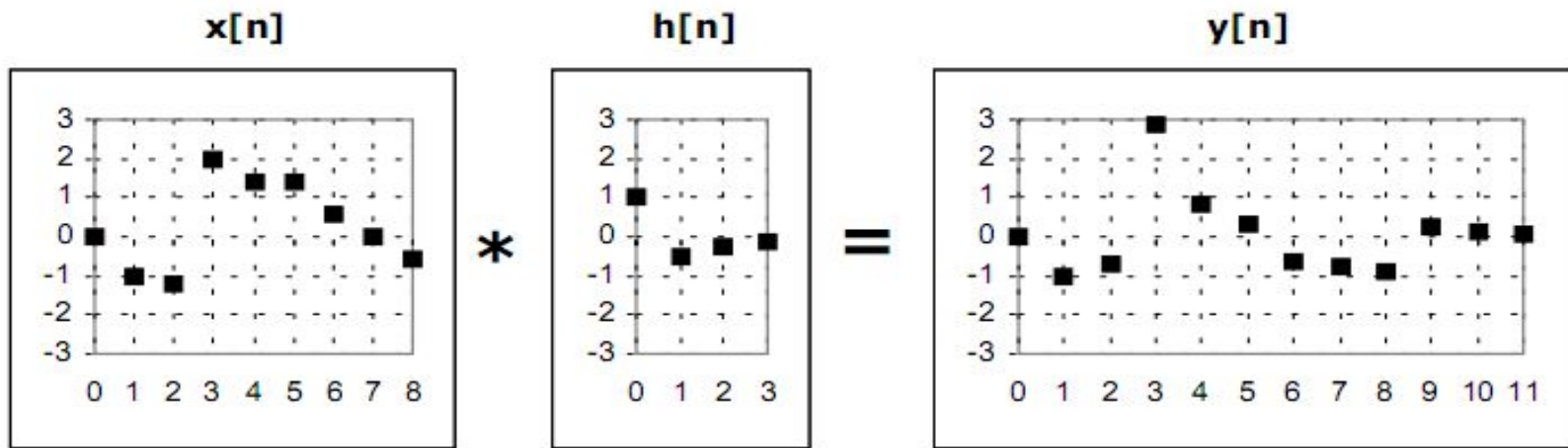


Точка 1

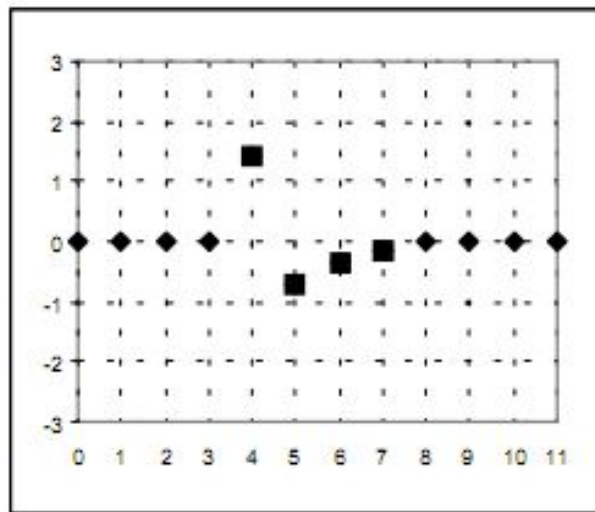


Точка 2

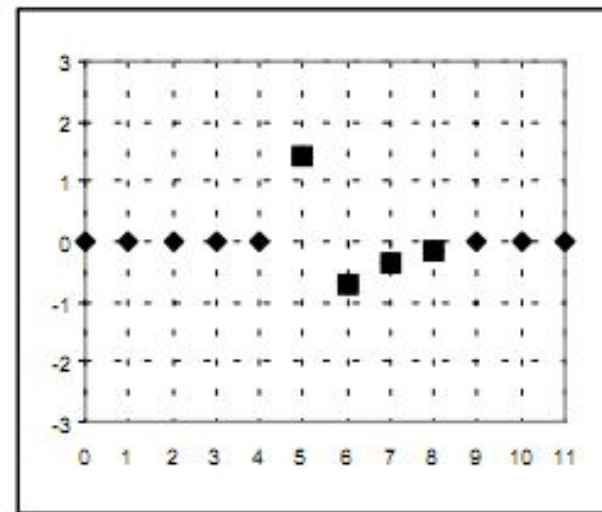
Пример операции свертки.



Точка 3

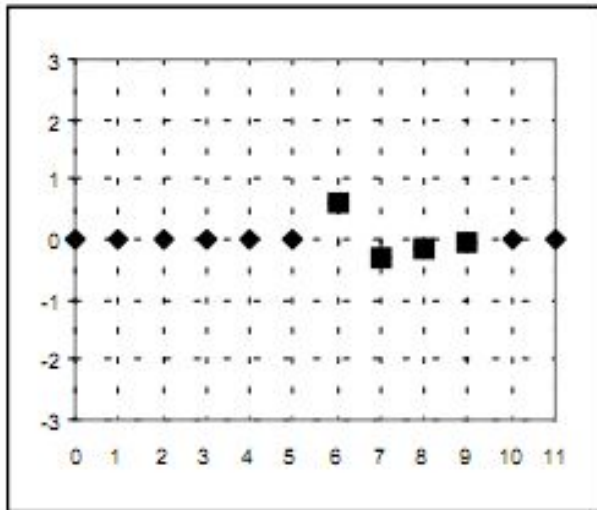
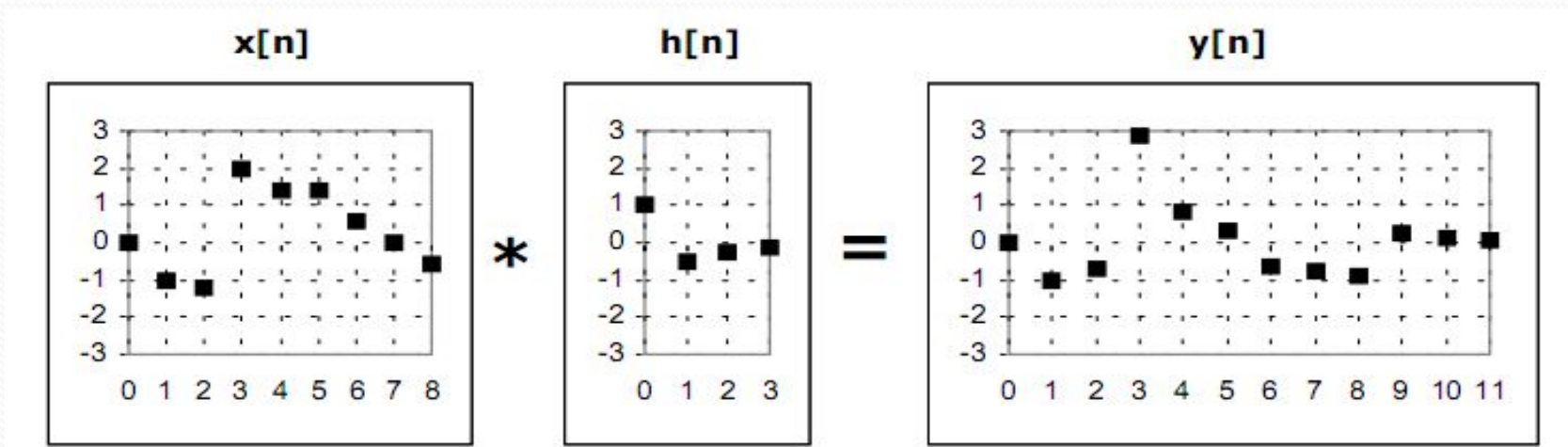


Точка 4

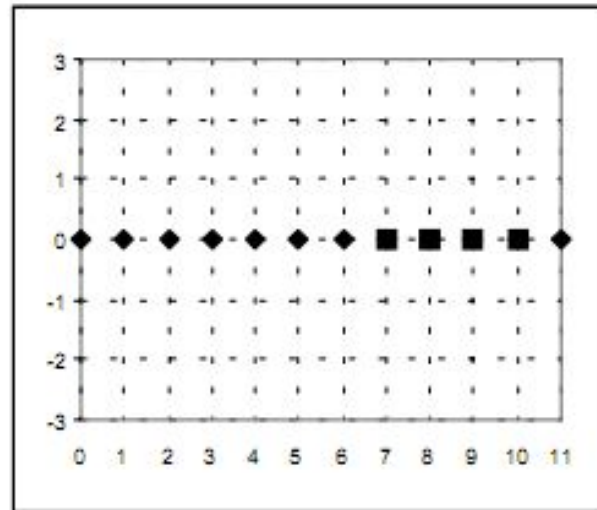


Точка 5

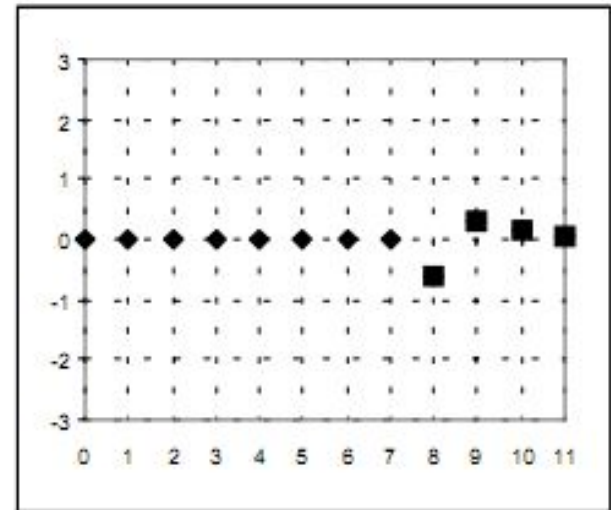
Пример операции свертки.



Точка 6



Точка 7

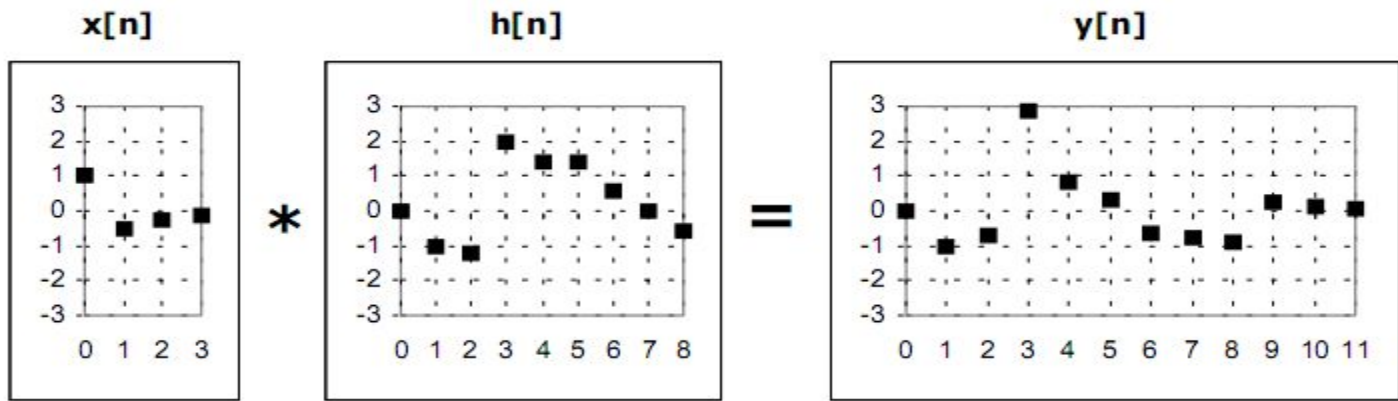


Точка 8

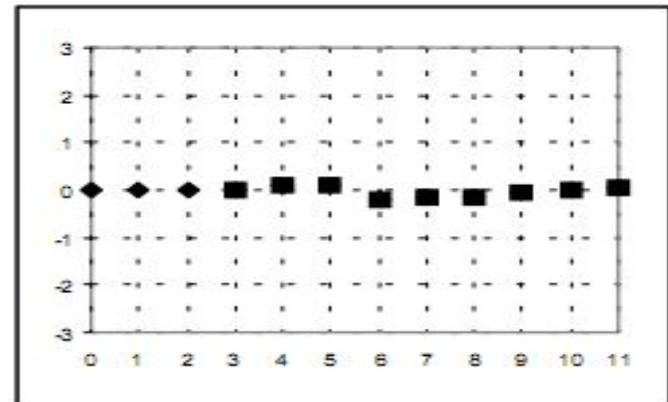
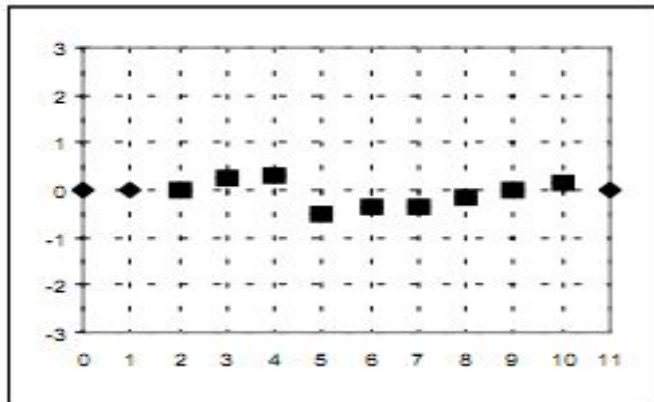
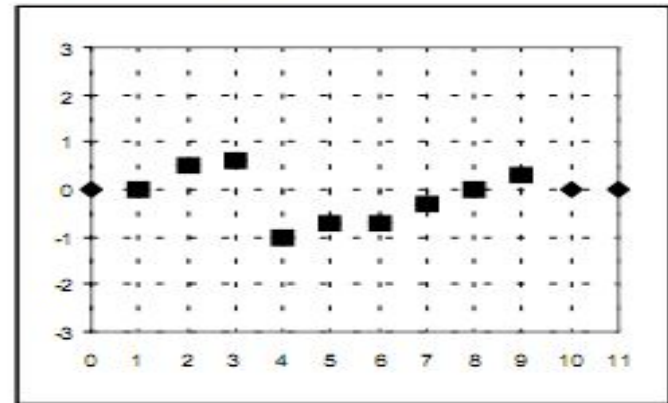
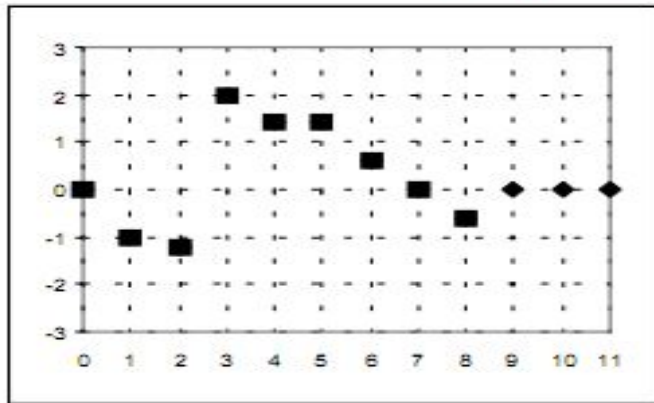
Алгоритм расчета свертки

```
100 'РАСЧЕТ СВЕРТКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ АЛГОРИТМ ВХОДНОЙ СТОРОНЫ
110 '
120 DIM X[80]           'входной сигнал, 81 точка
130 DIM H[30]          'импульсная характеристика, 31 точка
140 DIM Y[110]         'выходной сигнал, 111 точка
150 '
160 GOSUB XXXX         'фиктивная подпрограмма для загрузки X[] и H[]
170 '
180 FOR I% = 0 TO 110   'обнуление выходного массива
190     Y(I%) = 0
200 NEXT I%
210 '
220 FOR I% = 0 TO 80    'цикл для каждой точки в X[]
230     FOR J% = 0 TO 30 'цикл для каждой точки в H[]
240         Y[I%+J%] = Y[I%+J%] + X[I%] * H[J%]
250     NEXT J%
260 NEXT I% ' (помните, что * это операция умножения!)
270 '
280 GOSUB XXXX         'фиктивная подпрограмма для сохранения Y[]
290 '
300 END
```

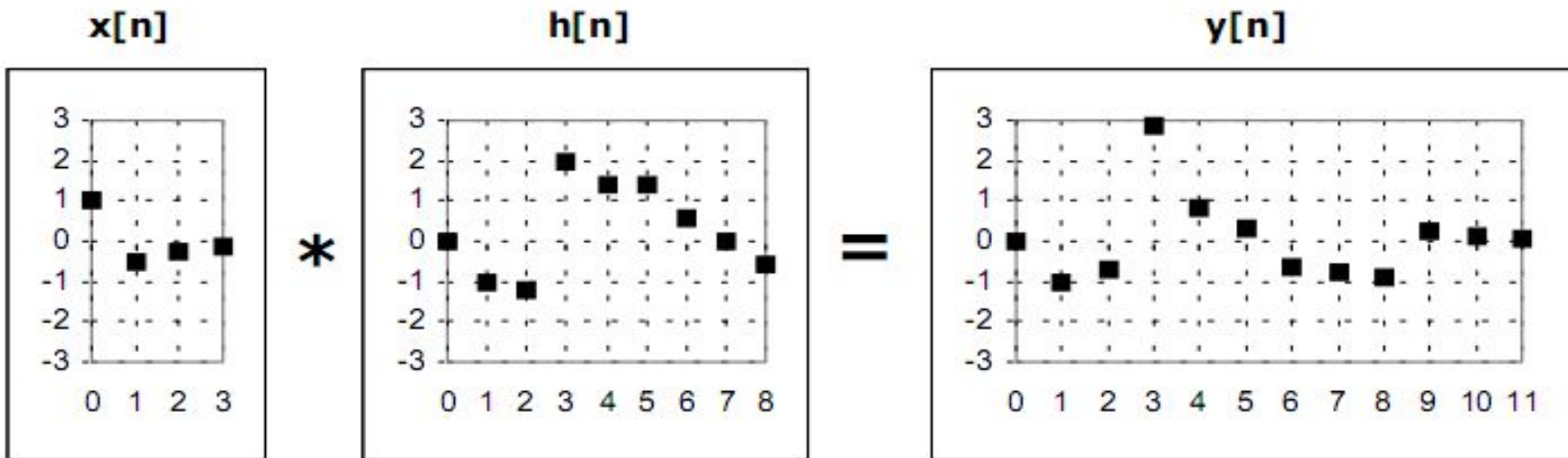
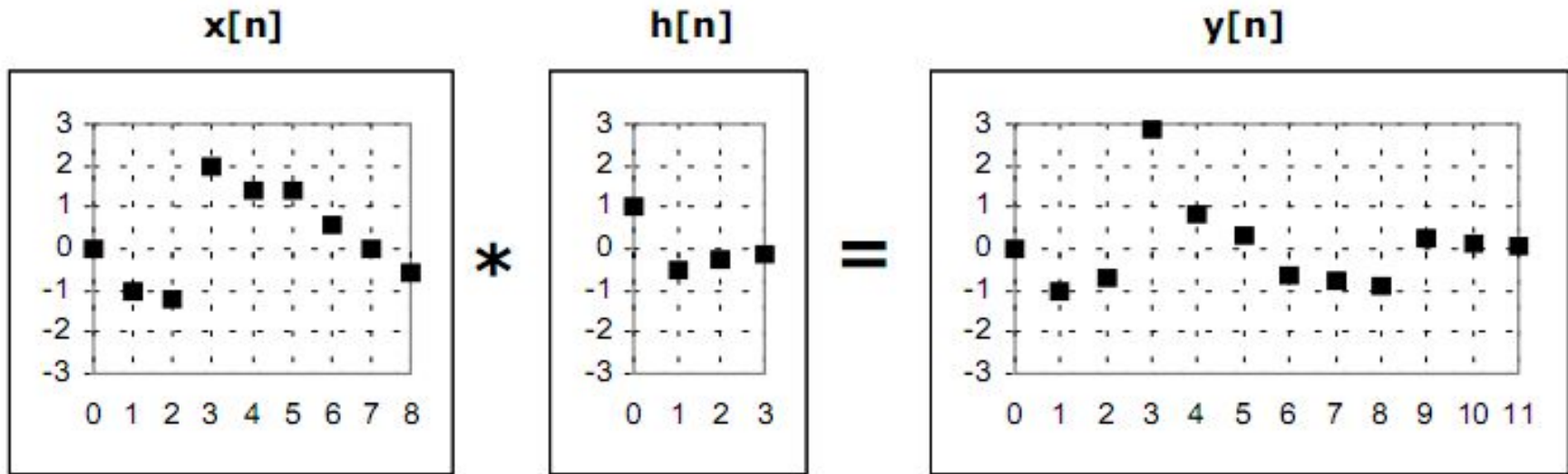
Пример операции свертки.



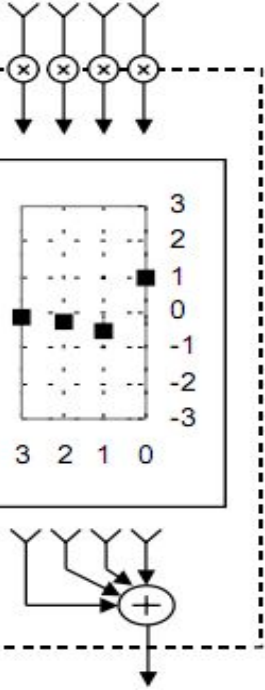
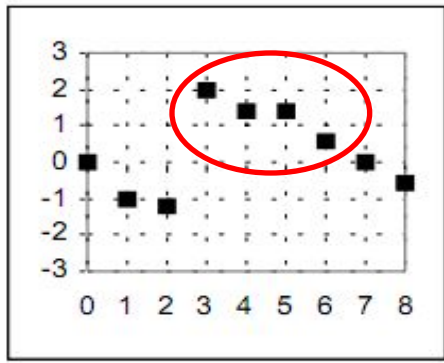
Выходные составляющие сигнала



Пример операции свертки.

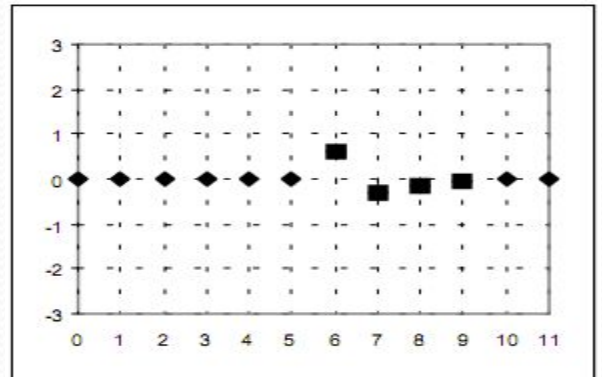
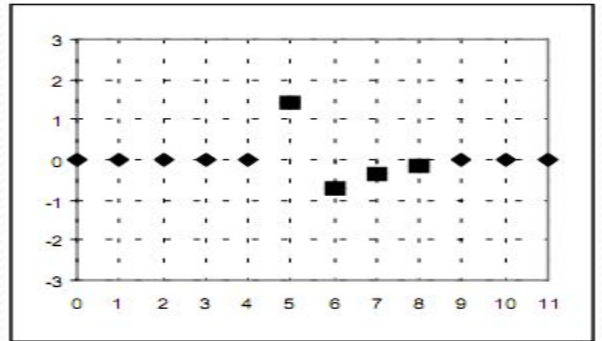
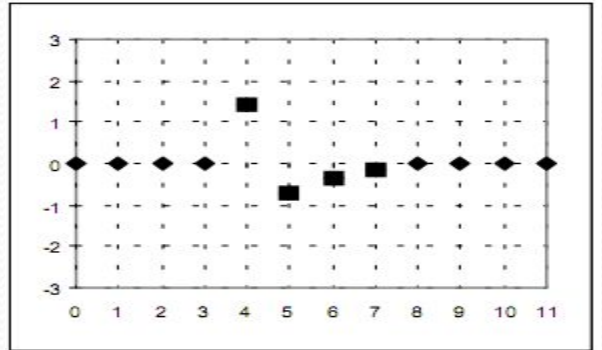
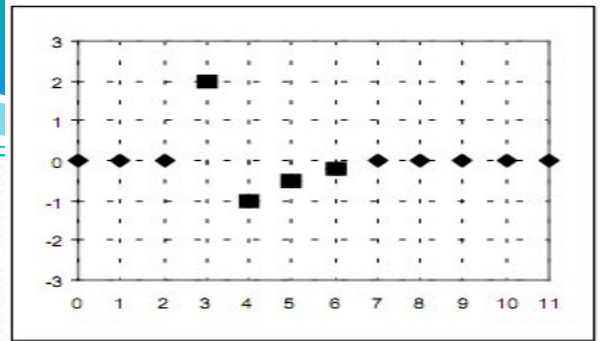
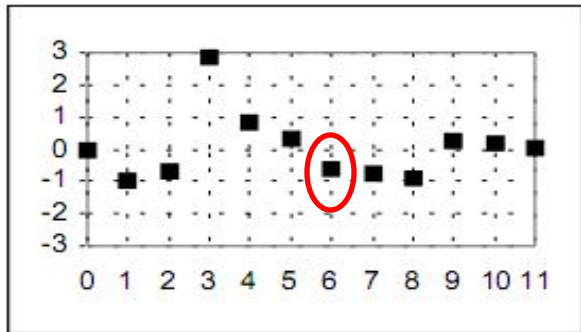


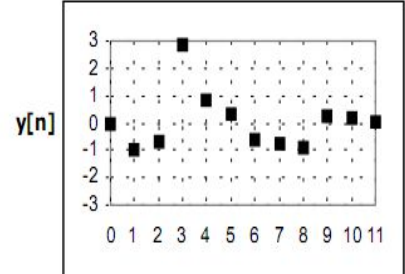
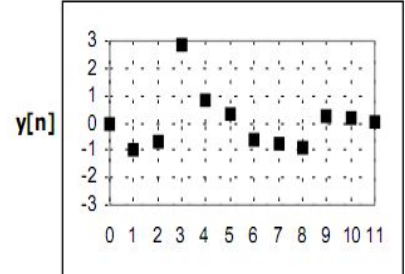
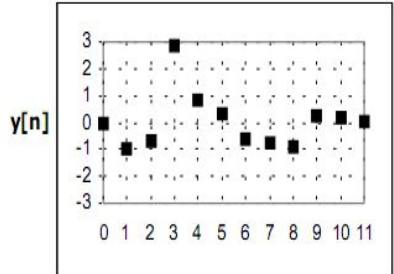
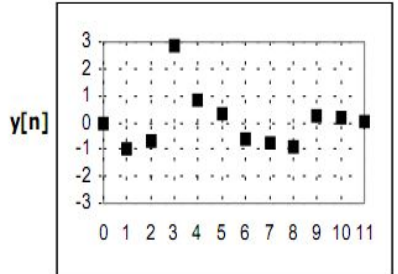
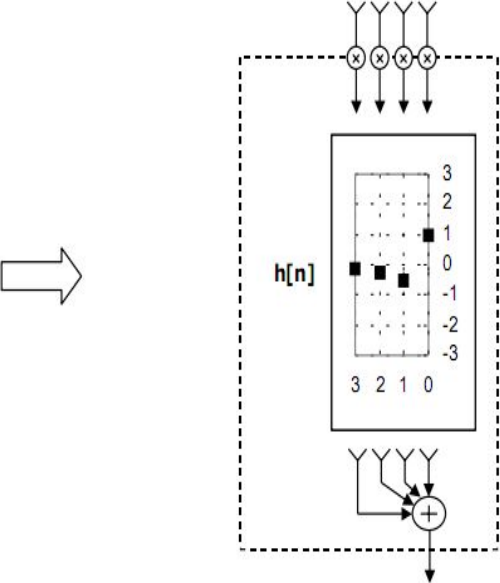
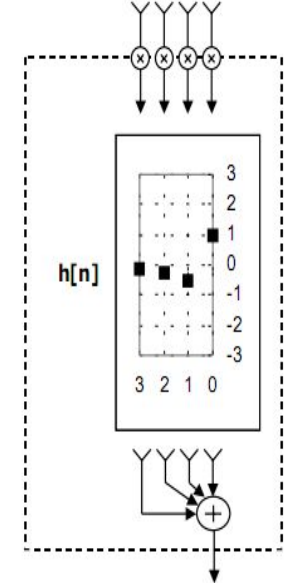
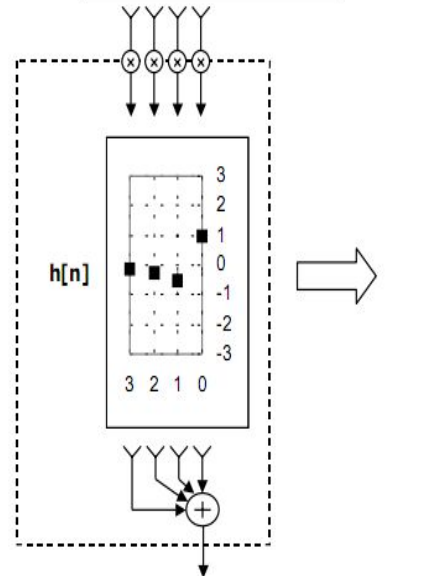
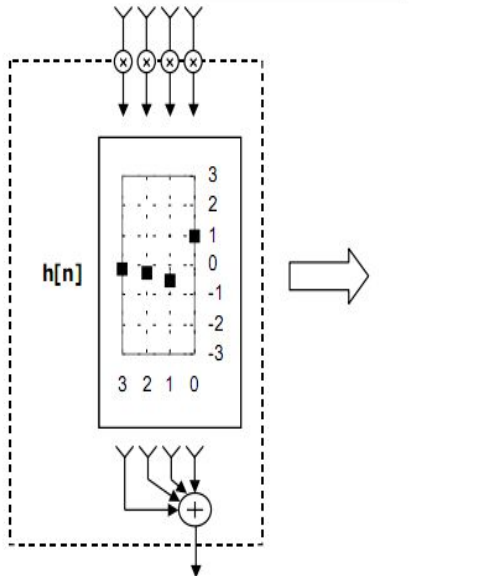
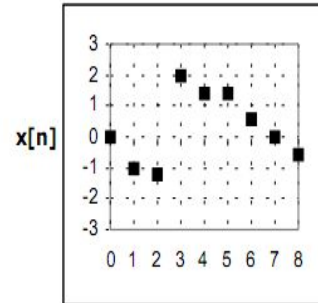
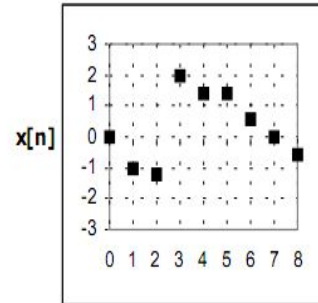
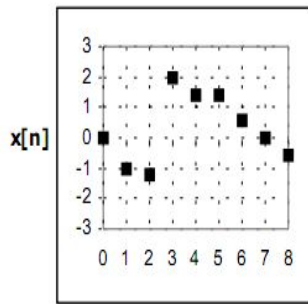
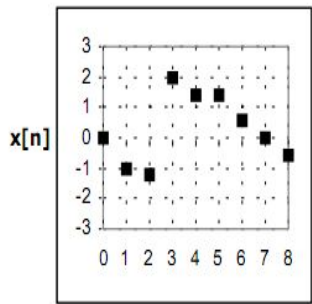
$x[n]$



$h[n]$

$y[n]$





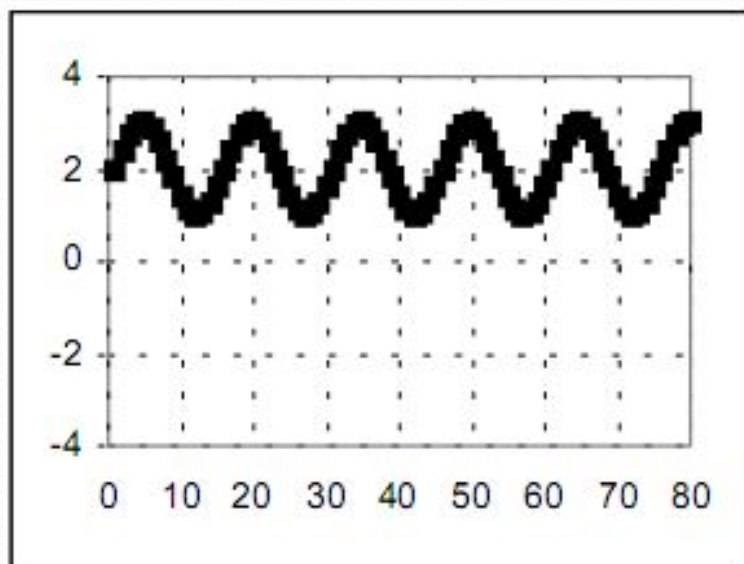
А. установлено для расчета $x[0]$

Б. установлено для расчета $x[3]$

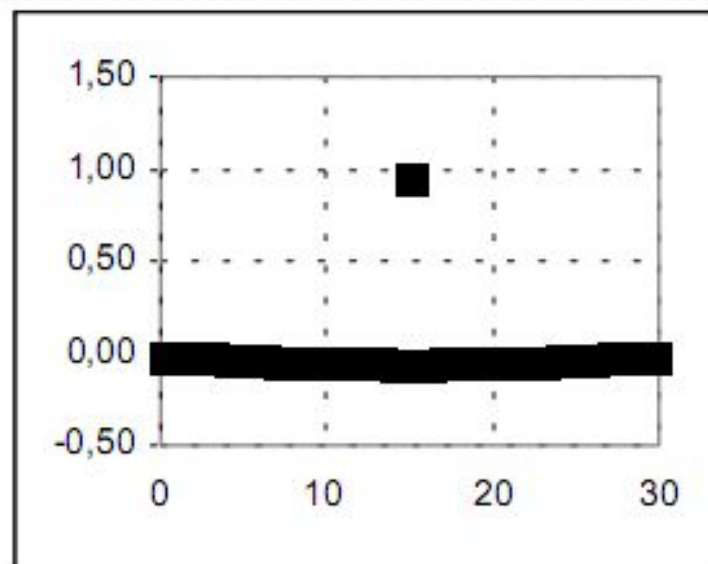
В. установлено для расчета $x[8]$

Г. установлено для расчета $x[11]$

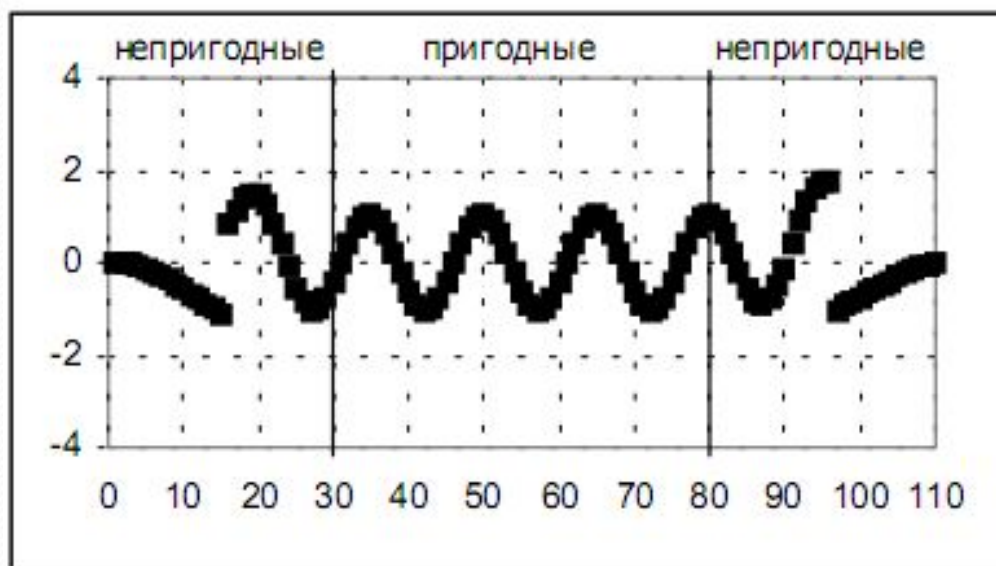
сигнала.



*



=



СВЕРТКИ

$$y[i] = \sum_{j=0}^{M-1} h[j] x[i - j]$$

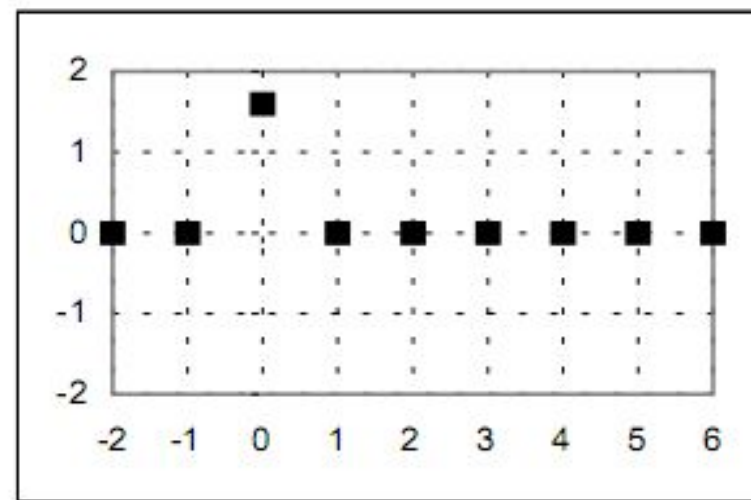
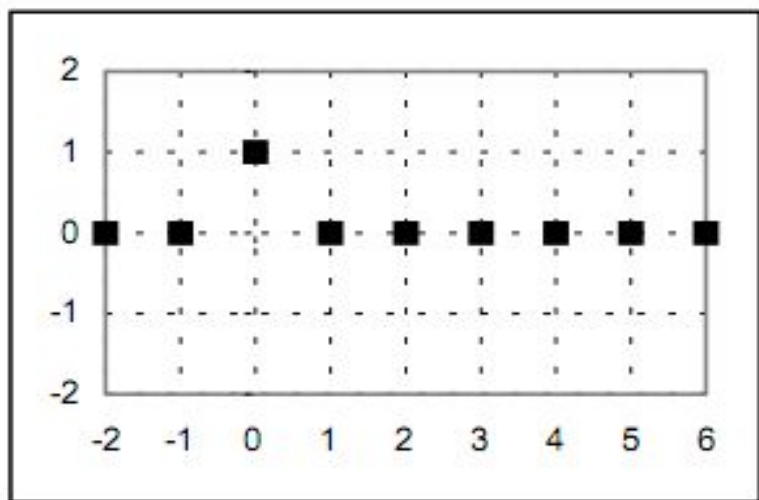
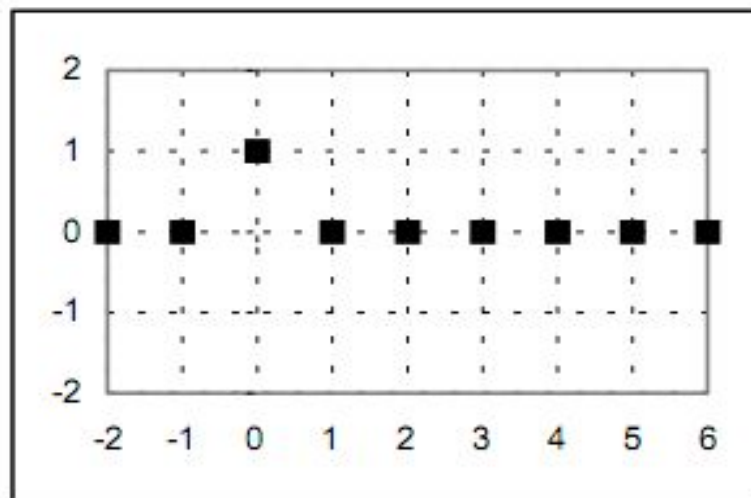
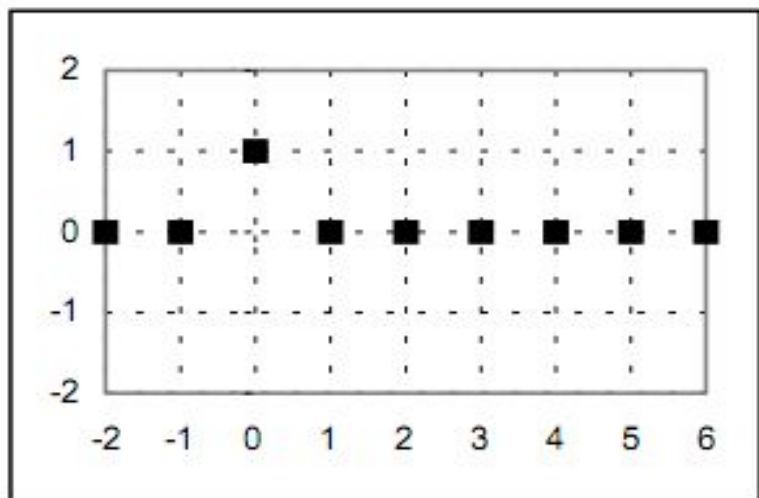
Где $x[n]$ – N -точечный сигнал с индексом от 0 до $N-1$,
 $h[n]$ – M -точечный сигнал с индексом от 0 до $M-1$,

Алгоритм расчета свертки

```
100 ' РАСЧЕТ СВЕРТКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ АЛГОРИТМ ВЫХОДНОЙ СТОРОНЫ
110 '
120 DIM X[80]           'входной сигнал, 81 точка
130 DIM H[30]          'импульсная характеристика, 31 точка
140 DIM Y[110]         'выходной сигнал, 111 точка
150 '
160 GOSUB XXXX         'фиктивная подпрограмма для загрузки X[ ] и H[ ]
170 '
180 FOR I% = 0 TO 110   'цикл по каждой выборке в Y[ ]
190     Y[I%] = 0       'обнуление значения выборки выходного массива
200     FOR J% = 0 TO 30 'цикл по каждой выборке в H[ ]
210         IF (I%-J% < 0) THEN GOTO 240
220         IF (I%-J% > 80) THEN GOTO 240
230         Y(I%) = Y(I%) + H(J%) * X(I%-J%)
240     NEXT J%
250 NEXT I%
260 '
270 GOSUB XXXX         'фиктивная подпрограмма для сохранения Y[ ]
280 '
290 END
```

СВОЙСТВА СВЕРТКИ

Распространенные импульсные характеристики



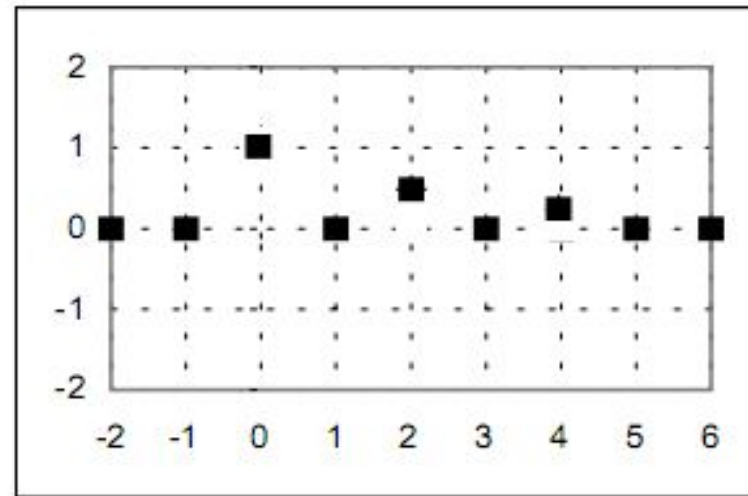
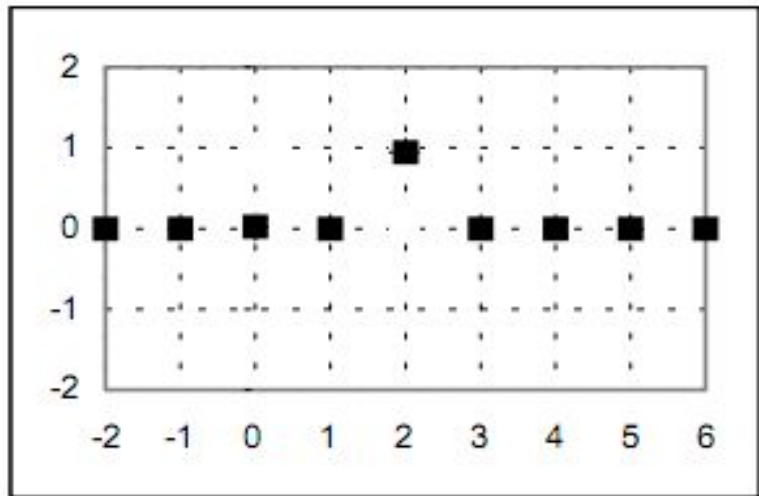
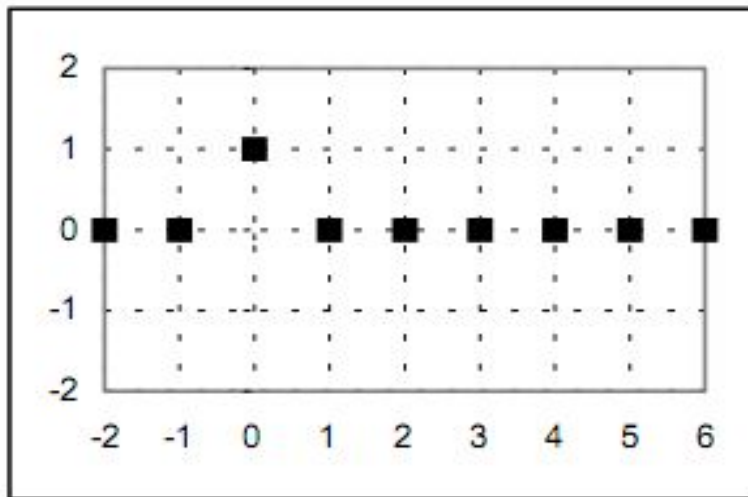
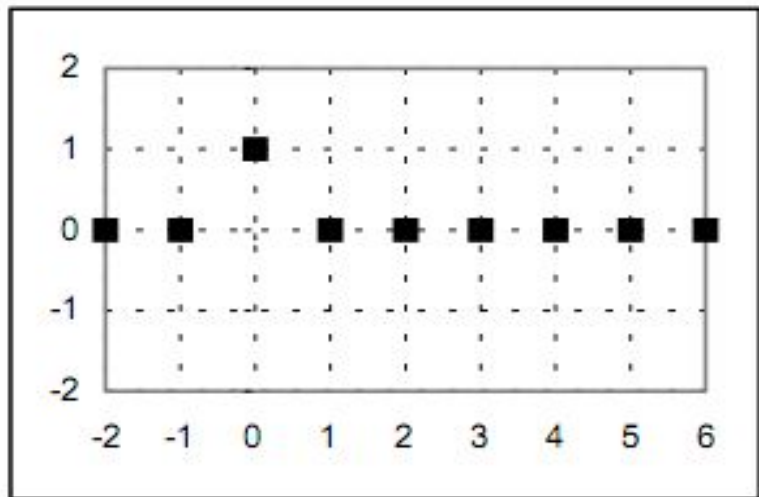
а. Тожественность

б. Усиление & Ослабление

$$x[n] * \delta[n] = x[n]$$

$$x[n] * k\delta[n] = kx[n]$$

Распространенные импульсные характеристики

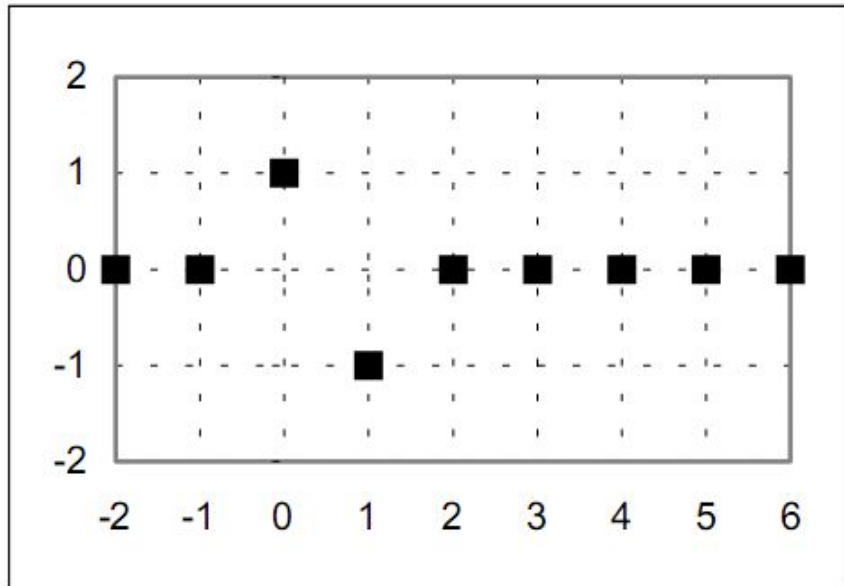


в. Сдвиг

г. Эхо

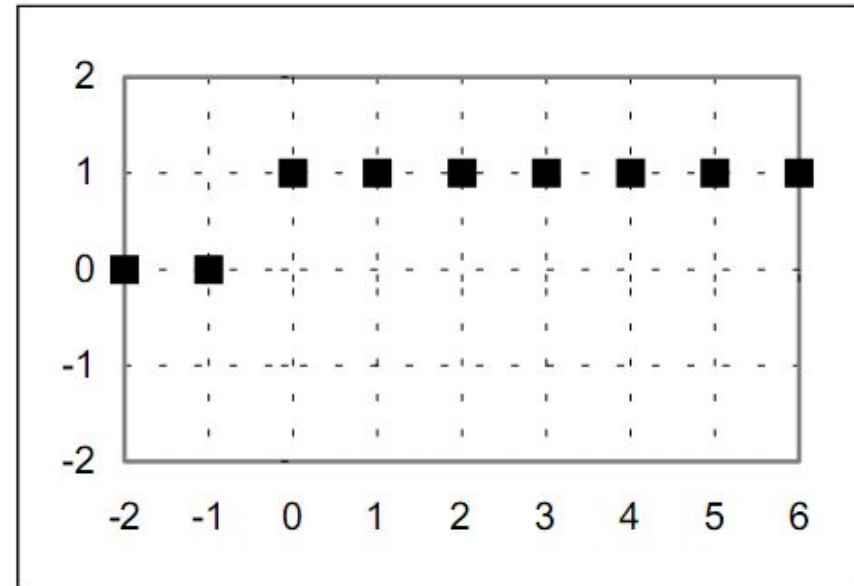
$$x[n] * \delta[n + s] = x[n + s]$$

Дискретная производная и дискретный интеграл



$$y[n] = x[n] - x[n-1]$$

**Дискретная
производная**



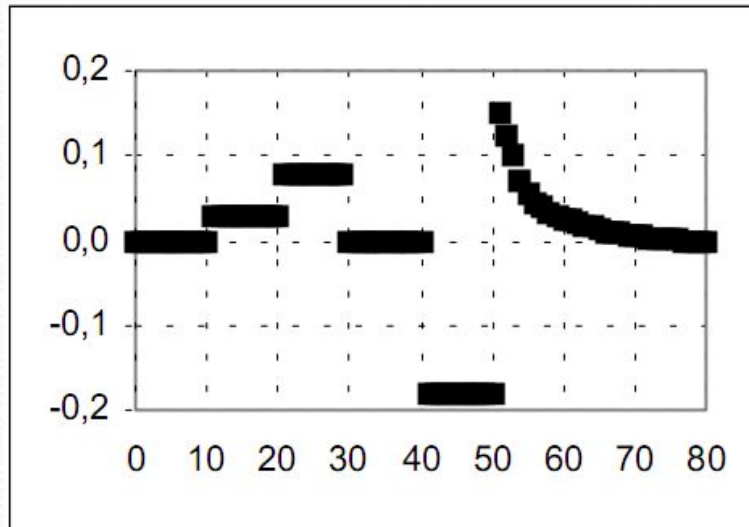
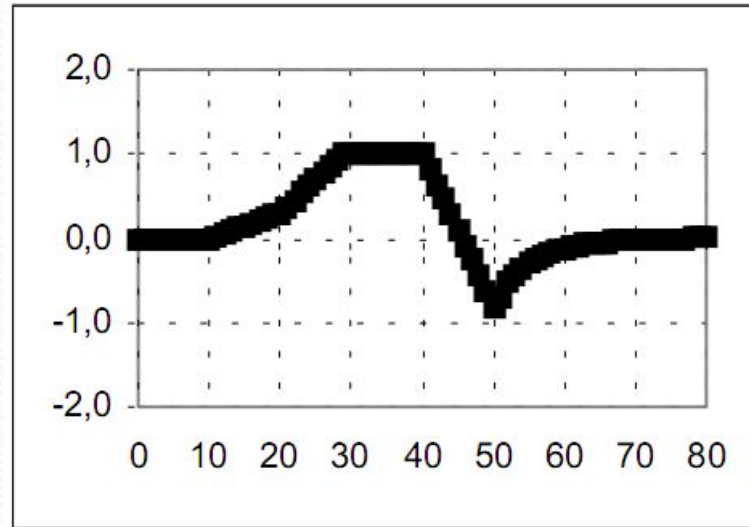
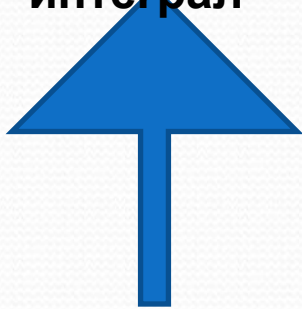
$$y[n] = x[n] + y[n-1]$$

**Дискретный
интеграл**

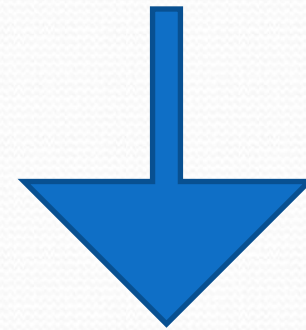
Дискретная производная и дискретный интеграл

$$y[n] = x[n] + y[n-1]$$

Дискретный
интеграл



```
110 Y[0] = 0
120 FOR I% = 1 TO N%-1
130 Y[I%]=X[I%]-X[I%-1]
140 NEXT I%
```

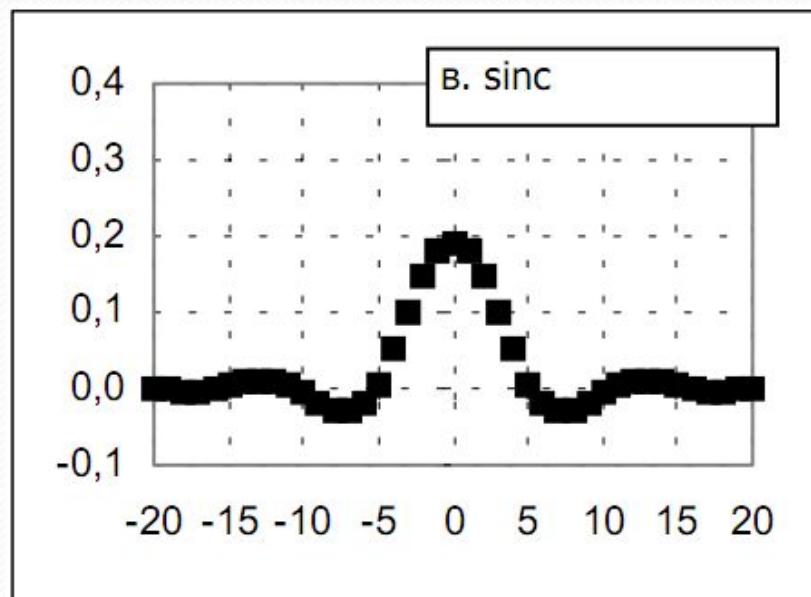
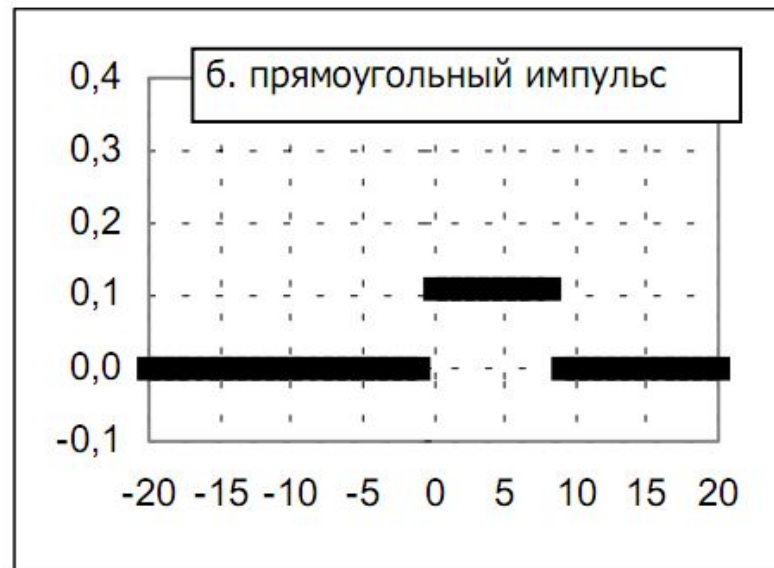
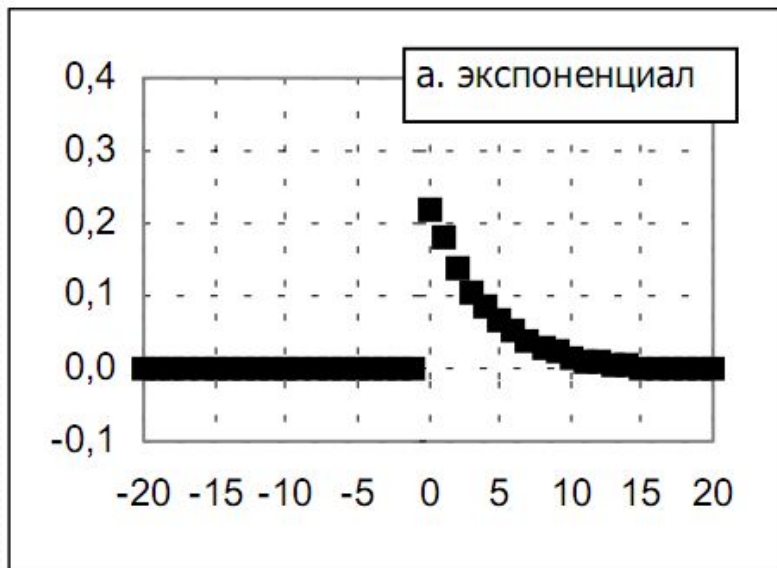


Дискретная
производная

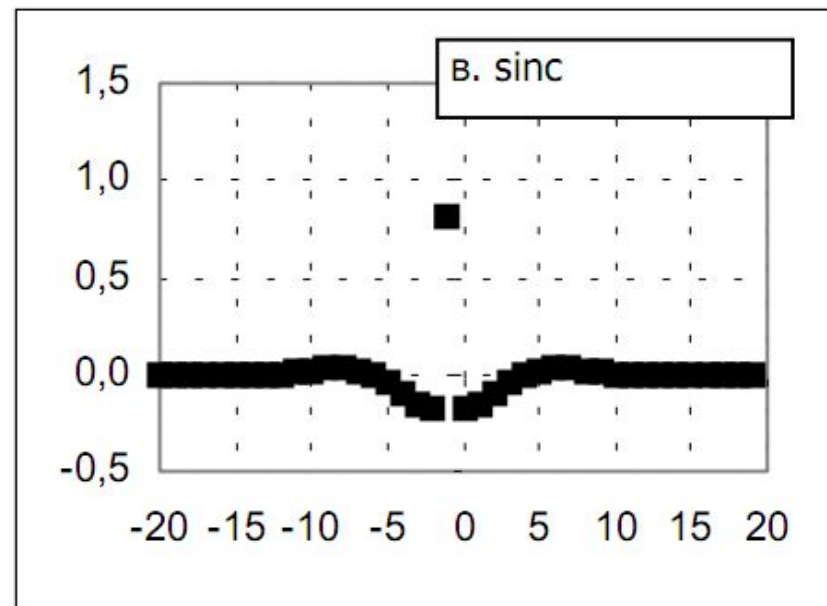
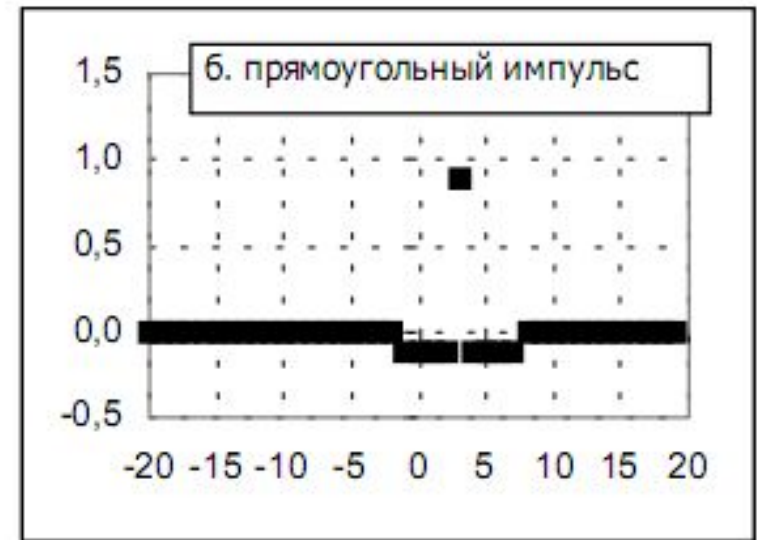
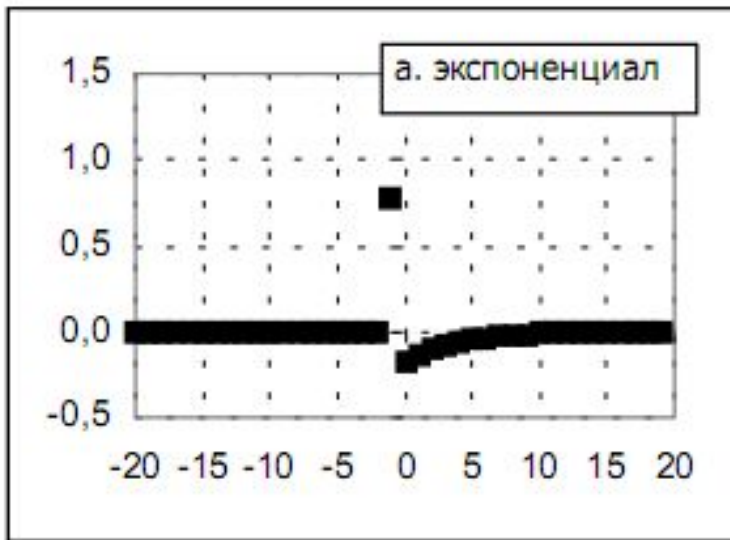
$$y[n] = x[n] - x[n-1]$$
$$y[n] = (x[n-1] + x[n+1])/2.$$

```
110 Y[0] = X[0]
120 FOR I% =1 TO N%-1
130 Y[I%]=Y[I%-1]+X[I%]
140 NEXT I%
```

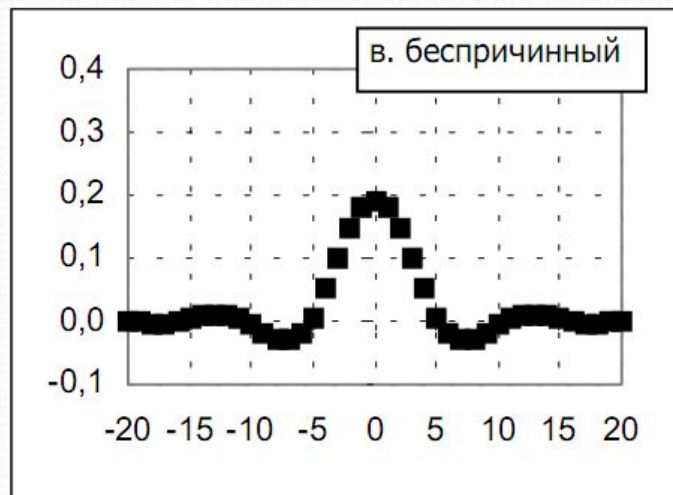
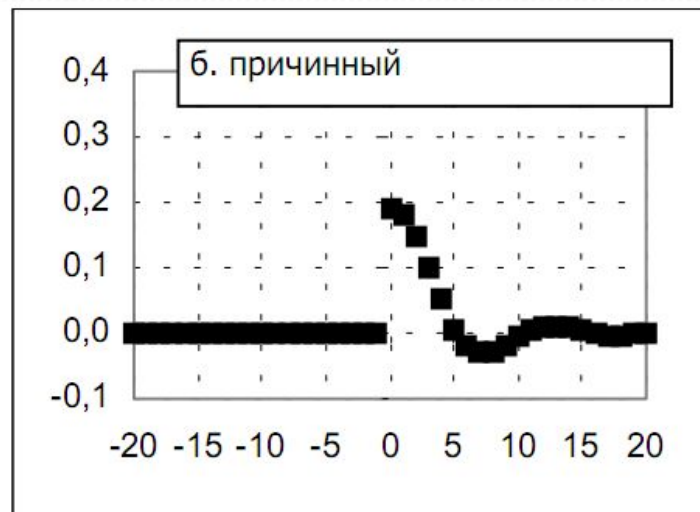
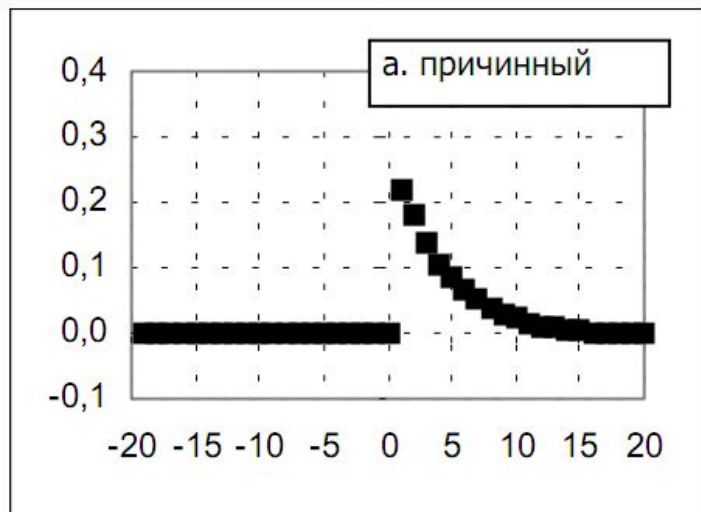

Низкочастотные фильтры



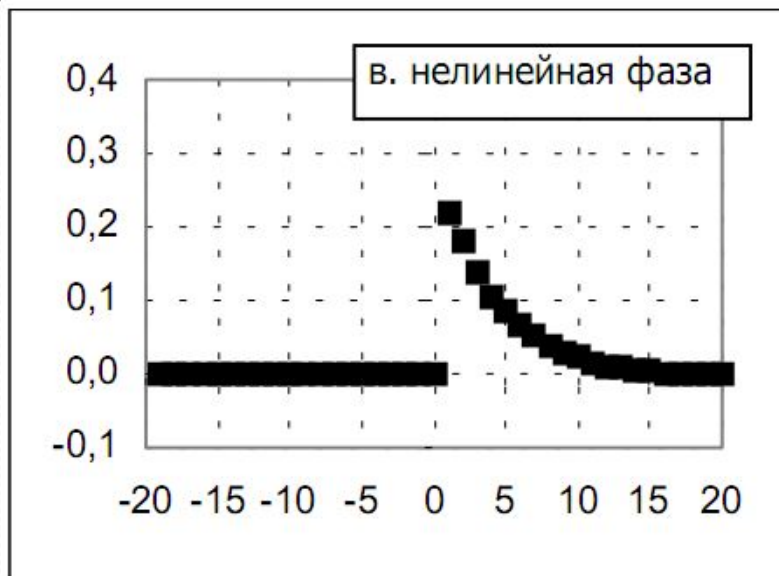
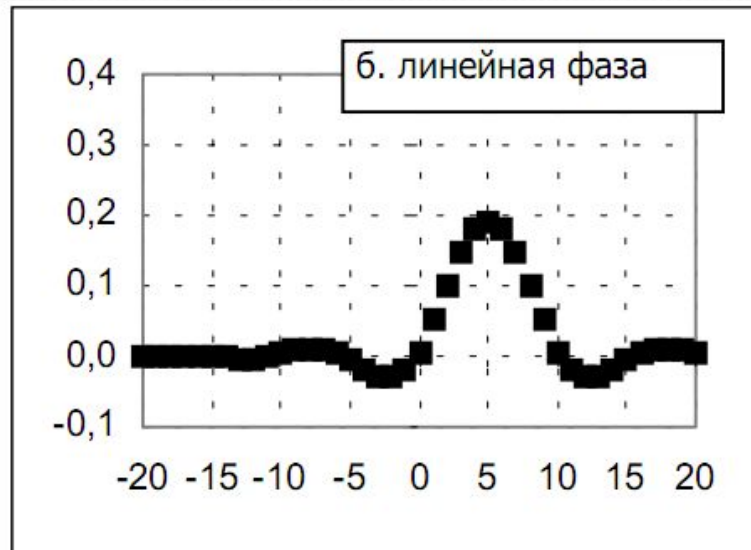
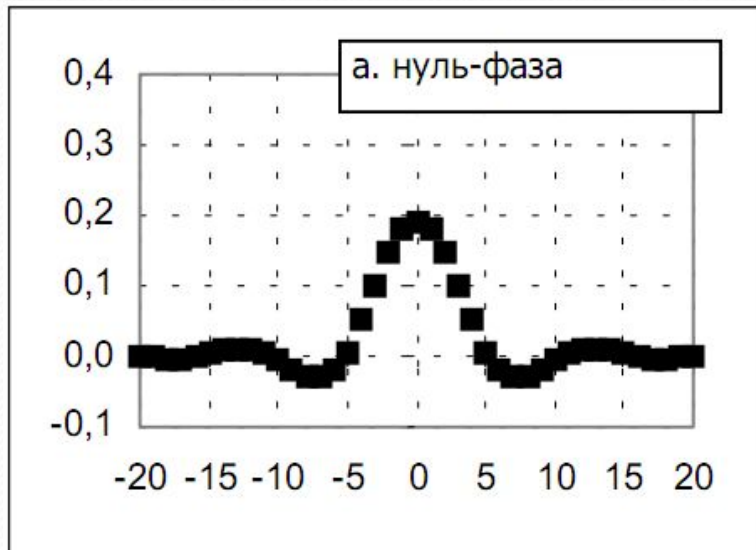
Высокочастотные фильтры



Причинные и беспричинные сигналы



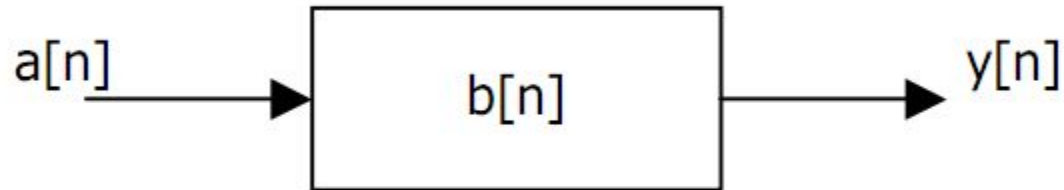
Линейная фаза и нелинейная фаза сигнала



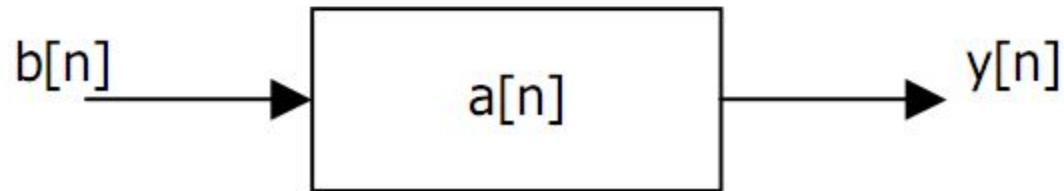
СВОЙСТВА

СВОЙСТВО КОММУТАТИВНОСТИ

ЕСЛИ



ТО

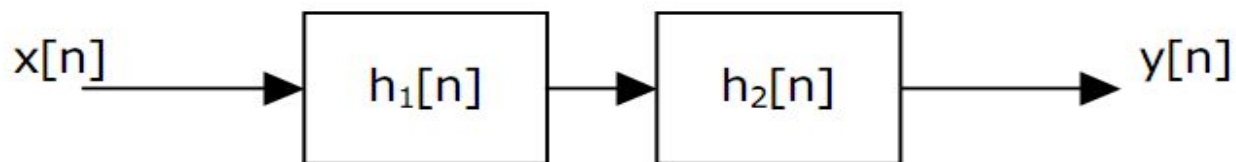


$$a[n] * b[n] = b[n] * a[n]$$

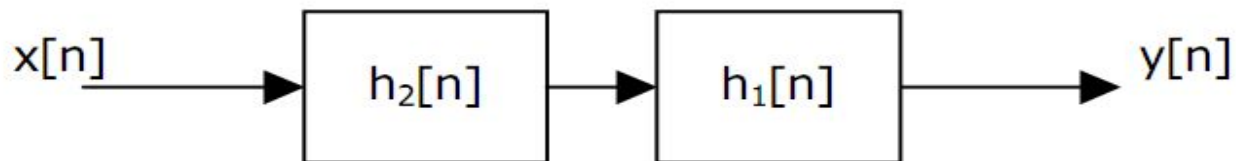
СВОЙСТВА

Свойство ассоциативности

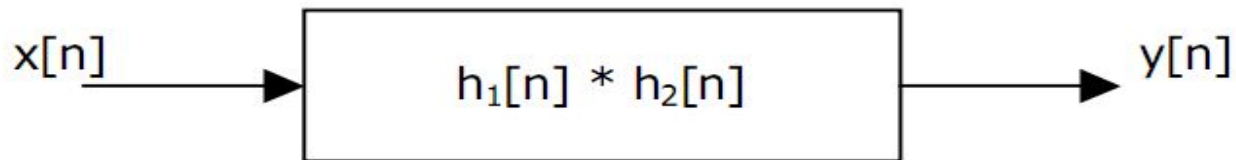
ЕСЛИ



ТО



ТАКЖЕ

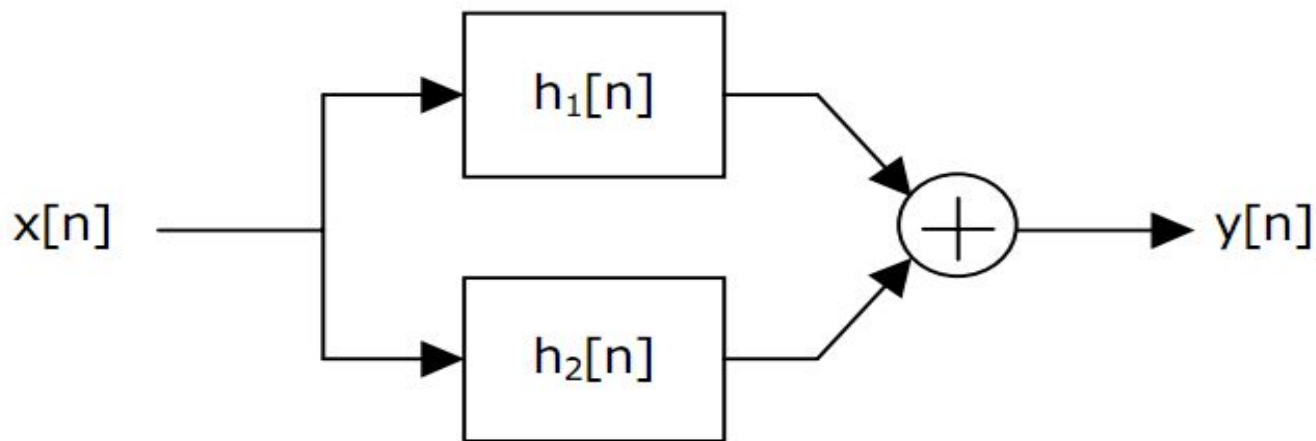


$$(a[n] * b[n]) * c[n] = a[n] * (b[n] * c[n])$$

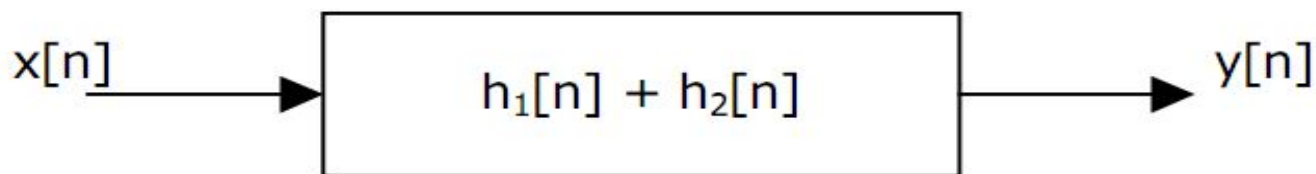
СВОЙСТВО

ДИСТРИБУТИВНОСТИ

ЕСЛИ



ТО

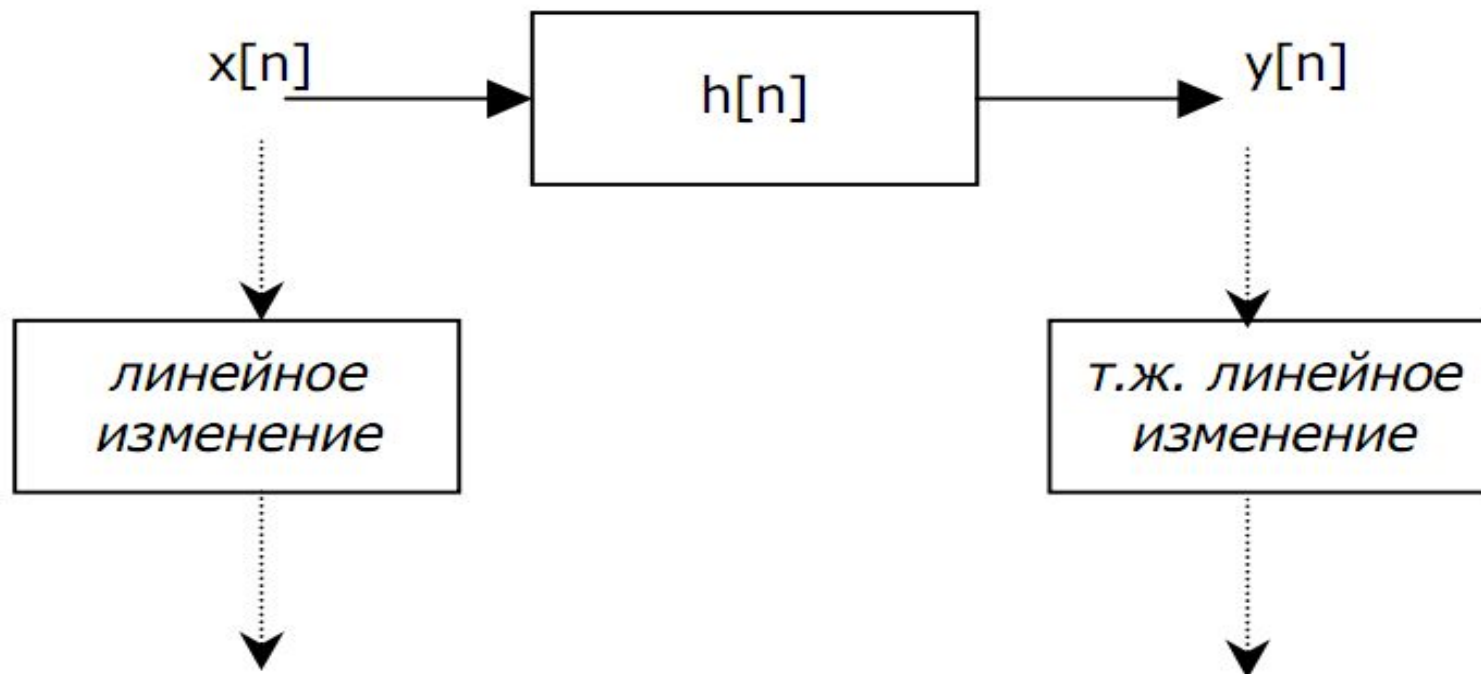


$$a[n] * b[n] + a[n] * c[n] = a[n] * (b[n] + c[n])$$

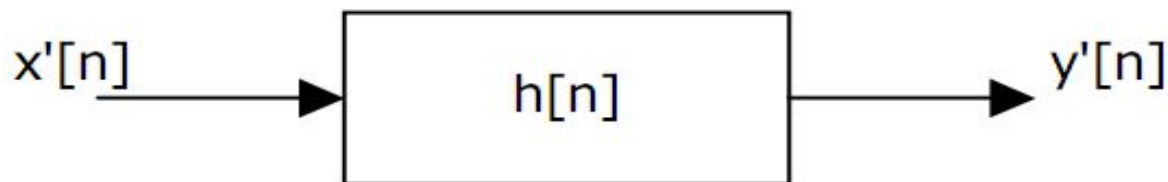
СВОЙСТВА

Перенос между входом и выходом

ЕСЛИ



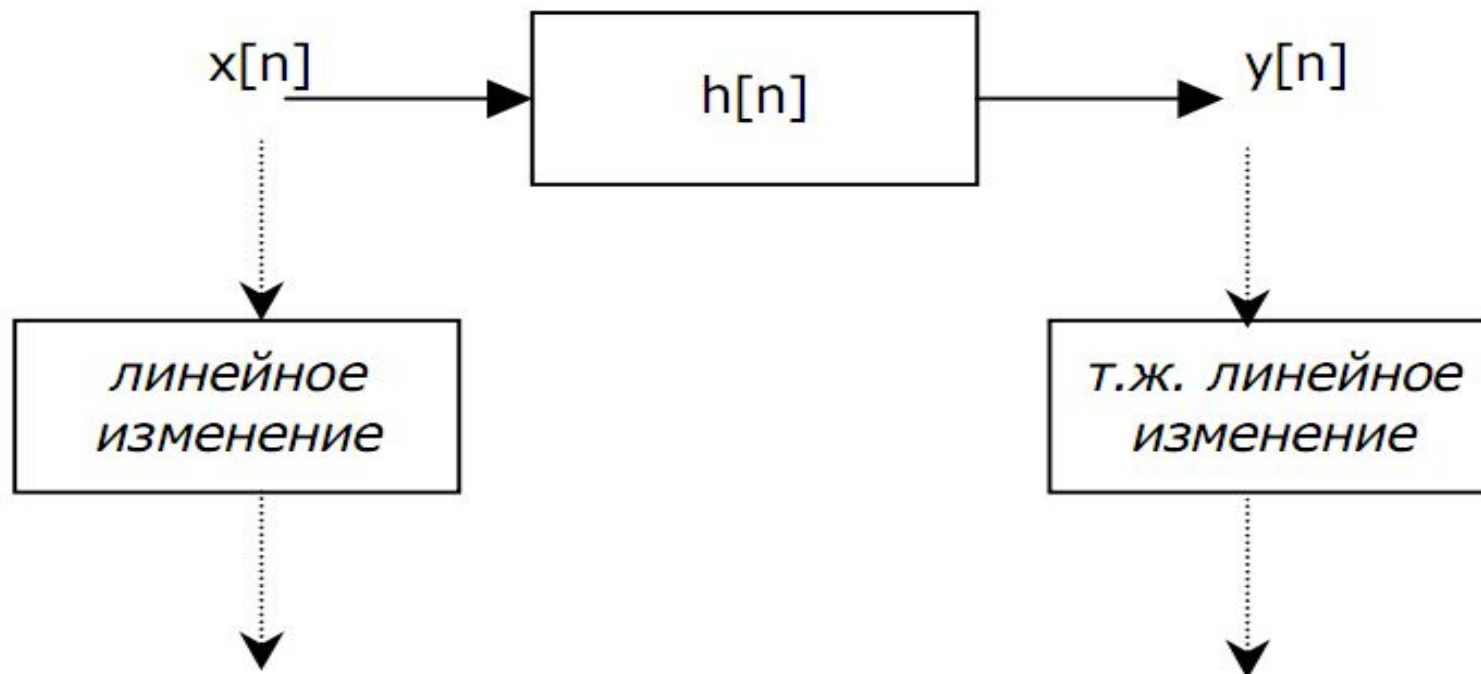
ТО



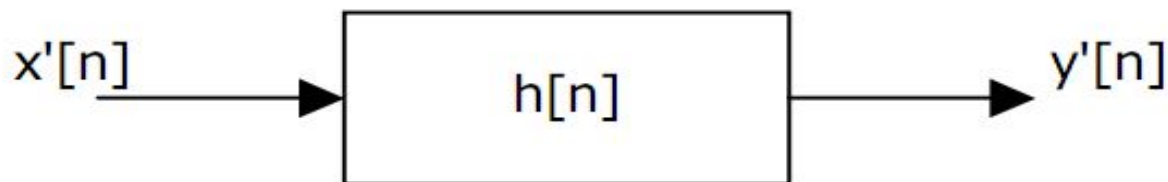
СВОЙСТВА

Перенос между входом и выходом

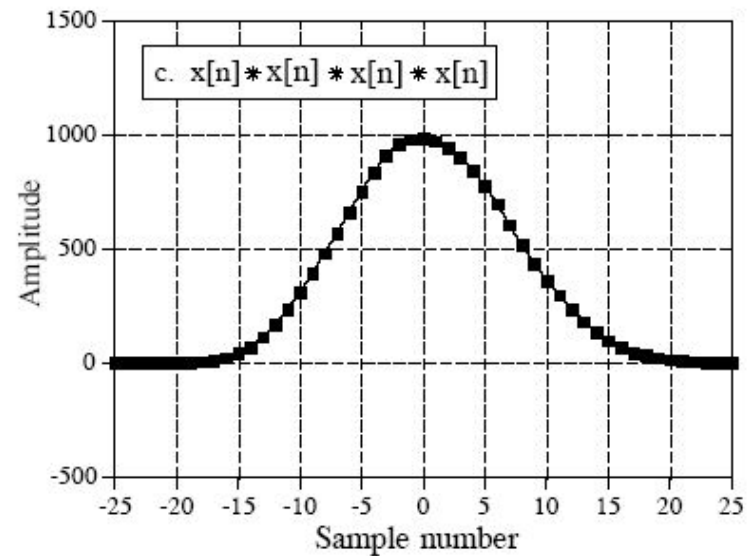
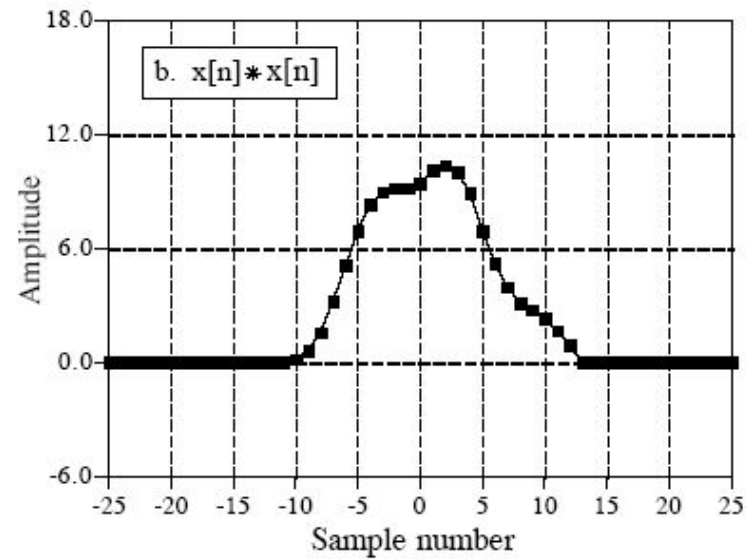
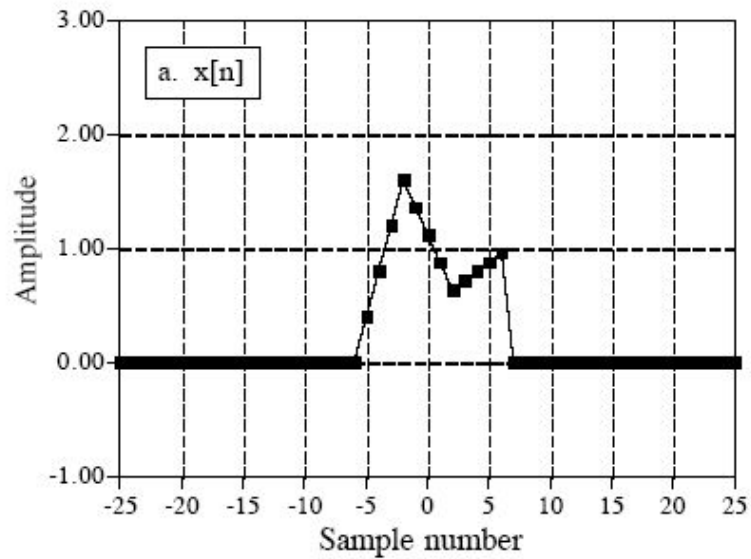
ЕСЛИ



ТО



Теорема



Корреляция

