

Задание к лабораторной работе №1
«МЕТОДЫ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ»

Цель: изучить основные методы фильтрации измерительных сигналов.

Задачи:

- 1) изучить принцип работы следующих фильтров:
 - фильтра экспоненциального сглаживания;
 - фильтра скользящего среднего;
 - медианного фильтра;
 - фильтра с ограничением скорости нарастания сигнала;
- 2) сгенерировать полезный сигнал и добавить к нему равномерно распределенный шум и всплески большой амплитуды;
- 3) реализовать каждый из ранее перечисленных фильтров любым известным способом, проверить работоспособность фильтров на сгенерированном ранее зашумленном сигнале и изучить влияние настроечного параметра фильтра на качество обработки сигнала;
- 4) подобрать комбинацию фильтров, отделяющих полезный сигнал от шума обоих типов; сравнить исходный полезный сигнал и отфильтрованный;
- 5) оформить отчет.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Фильтр экспоненциального сглаживания – простейший фильтр, выходной сигнал которого равен взвешенной сумме последнего измеренного значения сигнала и значения отфильтрованного сигнала на предыдущем шаге:

$$y_n = \alpha \cdot x_n + (1 - \alpha) \cdot y_{n-1},$$

где y – значения отфильтрованного сигнала; x – измеренные значения сигнала; α – настроечный параметр фильтра.

Фильтр скользящего среднего хранит последние n измерений зашумленного сигнала и выдает на выход их среднее арифметическое. Степень сглаживания сигнала зависит от ширины окна усреднения n . В общих чертах алгоритм работы фильтра можно сформулировать следующим образом:

- 1) набор первых $n - 1$ измерений в массив;
- 2) запись n -го измерения в конец массива
- 3) вычисление среднего арифметического и вывод его на выход фильтра;
- 4) сдвиг массива на один отсчет влево.

Далее осуществляется повторение пунктов 2-4.

Отличия в реализации фильтра могут заключаться в принципе его действия на первых $n - 1$ шагах работы, то есть в те моменты, когда достаточное для вычисления первого среднего количество измерений еще не проведено. В частности, в таком случае возможен вывод среднего из уже сохраненных отсчетов; вывод измеренного значения сигнала на выход фильтра без преобразований.

Выходной сигнал *медианного фильтра* равен медиане последних n измерений фильтруемого сигнала. Степень сглаживания сигнала также определяется шириной окна n .

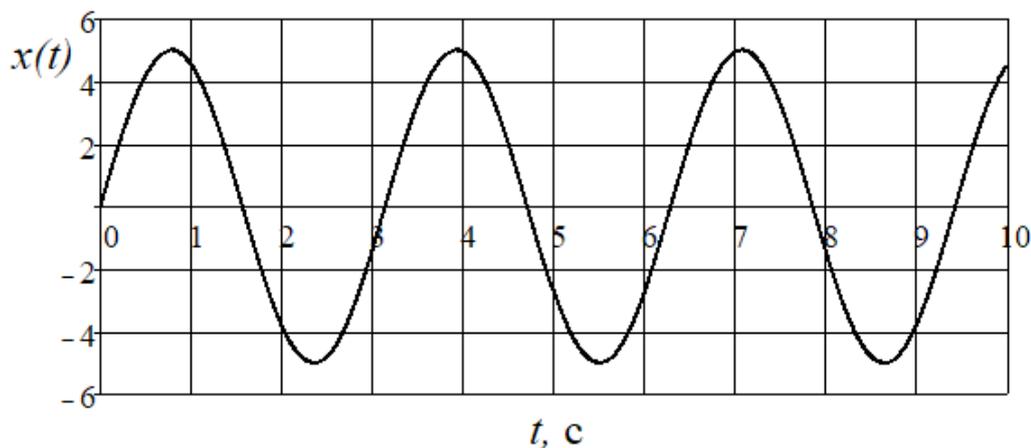
Очевидно, что алгоритм работы медианного фильтра повторяет таковой для фильтра скользящего среднего за исключением третьего пункта. На третьем шаге в отличие от фильтра скользящего среднего на выход подается медиана последних n измерений, а именно срединный элемент отсортированного массива измерений сигнала. Для упрощения реализации фильтра логично выбирать нечетные значения ширины окна; для четных значений ширины окна медианой выборки считается среднее арифметическое двух срединных элементов отсортированного массива отсчетов.

Фильтр с ограничением скорости нарастания сигнала выводит на выход значение входного сигнала без изменений, если приращение между текущим и предыдущим его значением меньше заданного порогового значения. В противном случае значение выходного сигнала фильтра не изменяется.

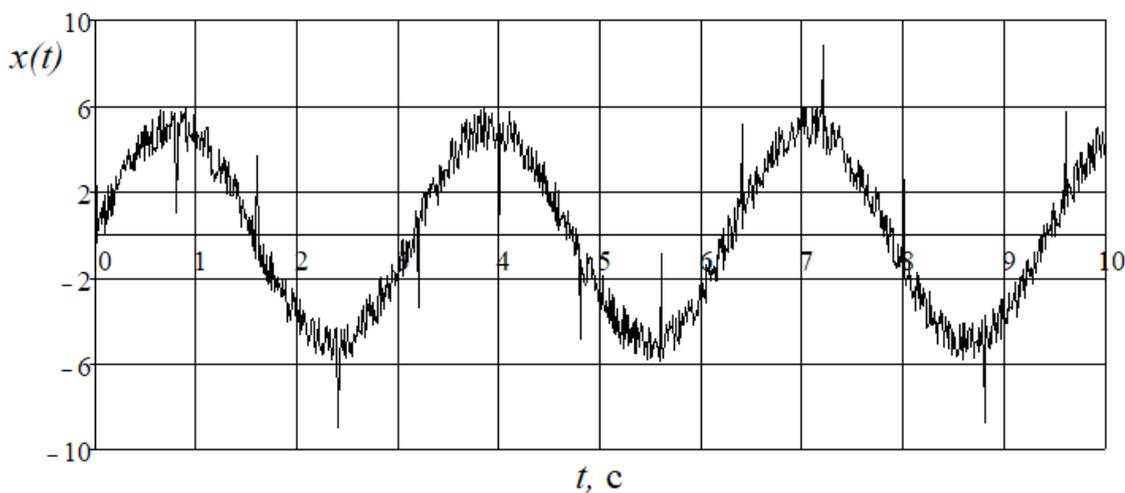
Справедливо будет сказать, что первые два фильтра – фильтр экспоненциального сглаживания и фильтр скользящего среднего – подходят для устранения высокочастотного шума малой амплитуды. Вторые два фильтра – медианный фильтр и фильтр с ограничением скорости нарастания сигнала – подходят для устранения редких всплесков большой амплитуды.

ХОД РАБОТЫ

Промоделируем работу предложенных к изучению фильтров: фильтра экспоненциального сглаживания, фильтра скользящего среднего, медианного фильтра и фильтра с ограничением скорости нарастания сигнала. Для этого сгенерируем набор отсчетов зашумленного сигнала, взяв за основу синусоидальный сигнал заданной амплитуды и частоты.



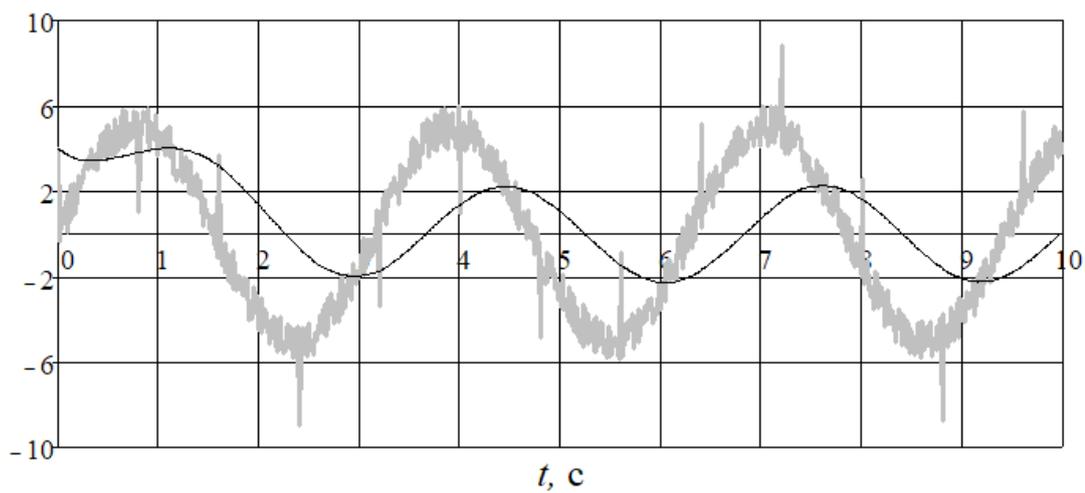
а)



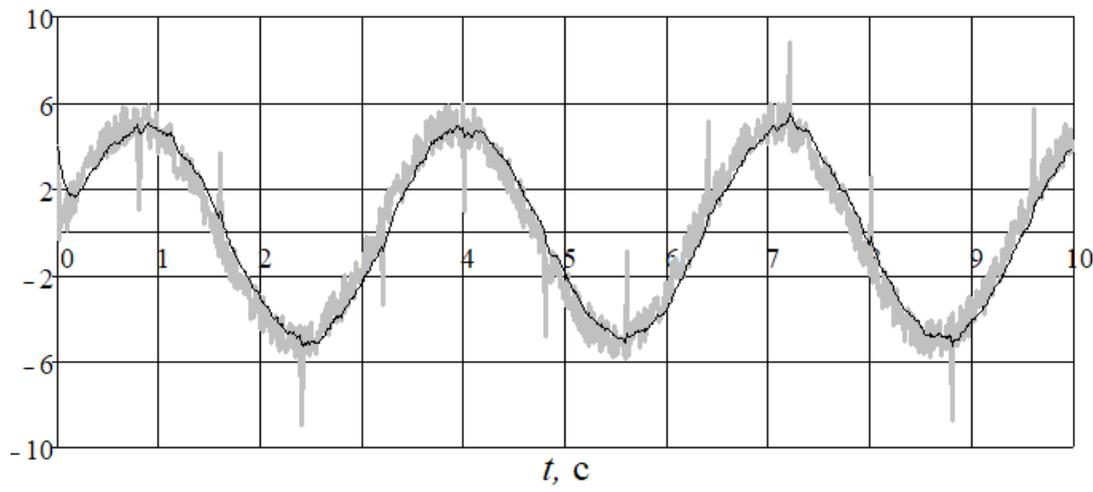
б)

Рисунок 1 – Сгенерированный входной сигнал для моделирования работы фильтров: а) полезный; б) зашумленный

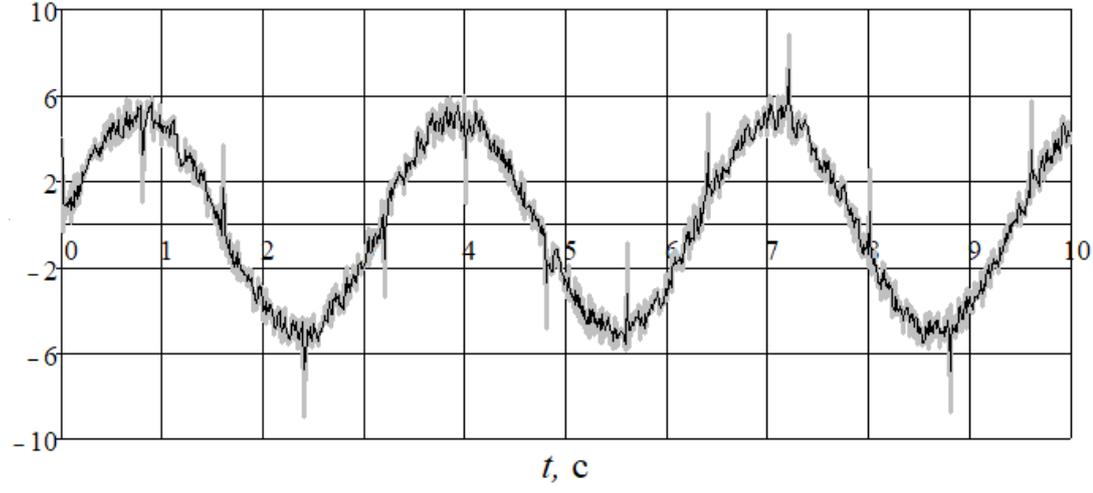
Далее промоделируем обработку сгенерированного сигнала при помощи каждого из рассматриваемых фильтров.



а)



б)



в)

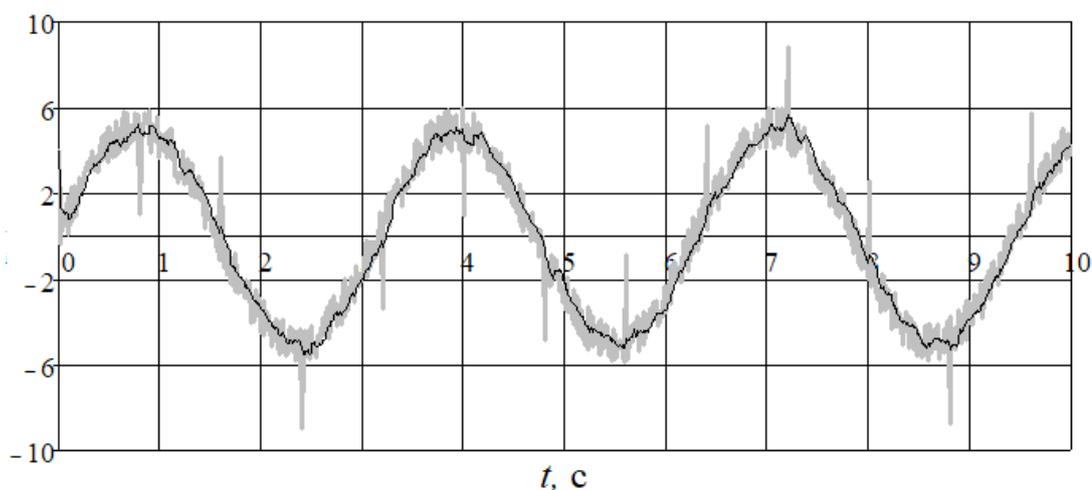
Рисунок 2 – Результат работы фильтра экспоненциального сглаживания:

а) при $\alpha = 0.01$; б) при $\alpha = 0.1$; в) при $\alpha = 0.5$

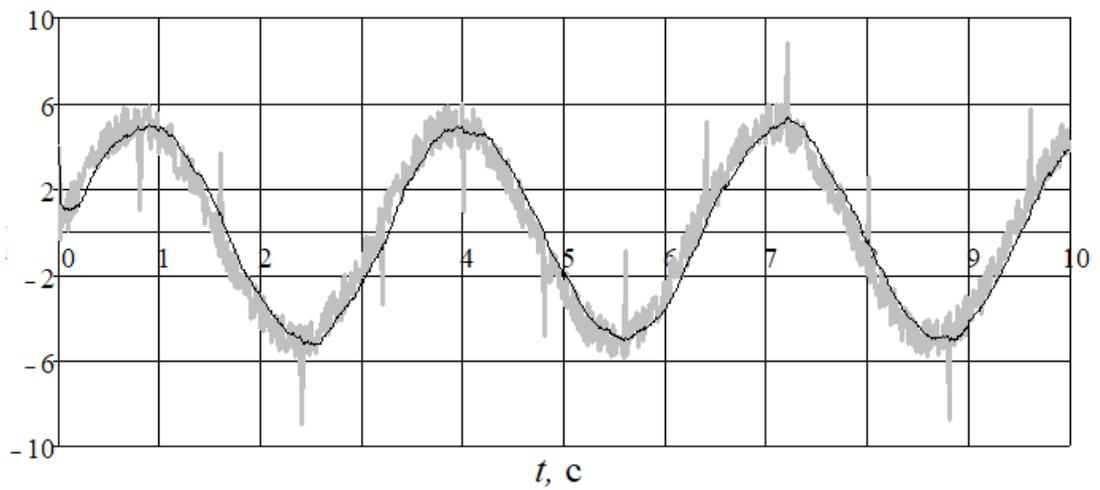
Здесь и далее на рисунках входной сигнал исследуемого фильтра будет обозначен серой кривой, выходной – черной кривой.

На рисунке 2 показан результат работы фильтра экспоненциального сглаживания для $\alpha_1 = 0.01$, $\alpha_2 = 0.1$, $\alpha_3 = 0.5$. Исходя этого рисунка, можно утверждать, что с увеличением α степень сглаживания становится все менее значимой, шумы проявляются в больше степени. Однако, при излишне малых значениях α в процессе сглаживания шумов начинает теряться полезная информация, содержащаяся в сигнале. Для сгенерированного зашумленного сигнала оптимальным было выбрано $\alpha = 0.1$, позволяющее одновременно сгладить в достаточной степени шумы и не потерять полезную информацию.

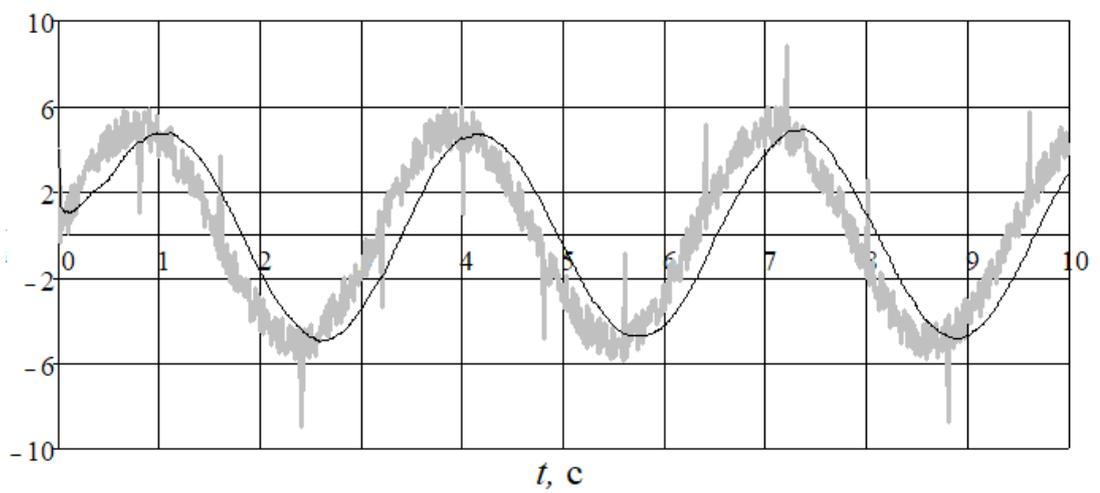
Рассмотрим далее работу фильтра скользящего среднего. На рисунке 2 приведены результаты его работы для различных значений ширины окна: 10, 20 и 50.



a)



б)



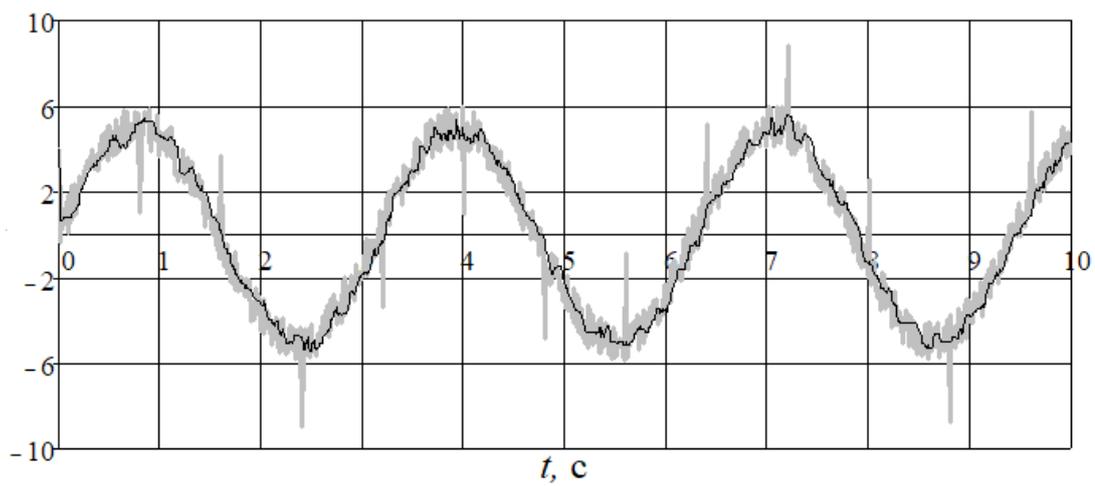
в)

Рисунок 3 – Результат работы фильтра скользящего среднего:

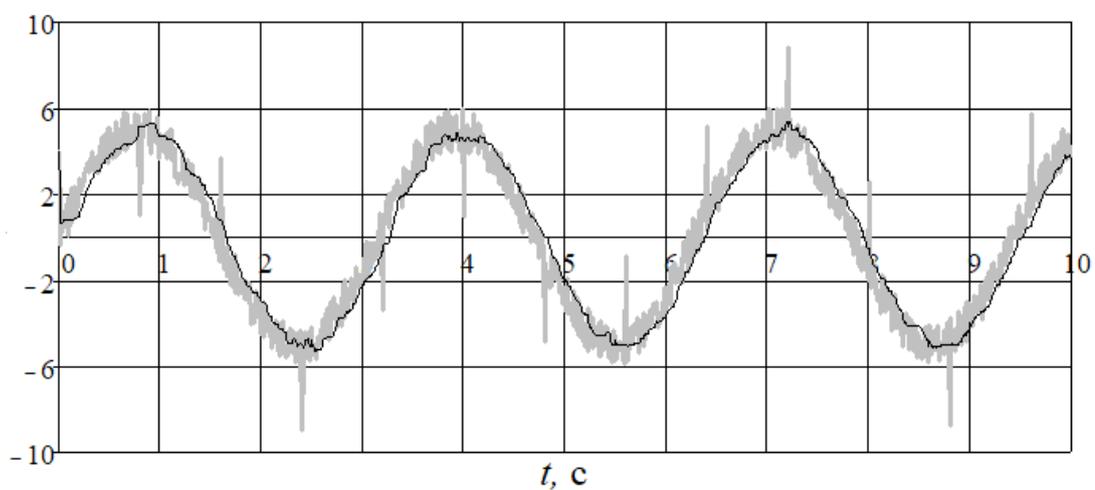
а) при $n = 10$; б) при $n = 20$; в) при $n = 50$

<Вывод для фильтра скользящего среднего>

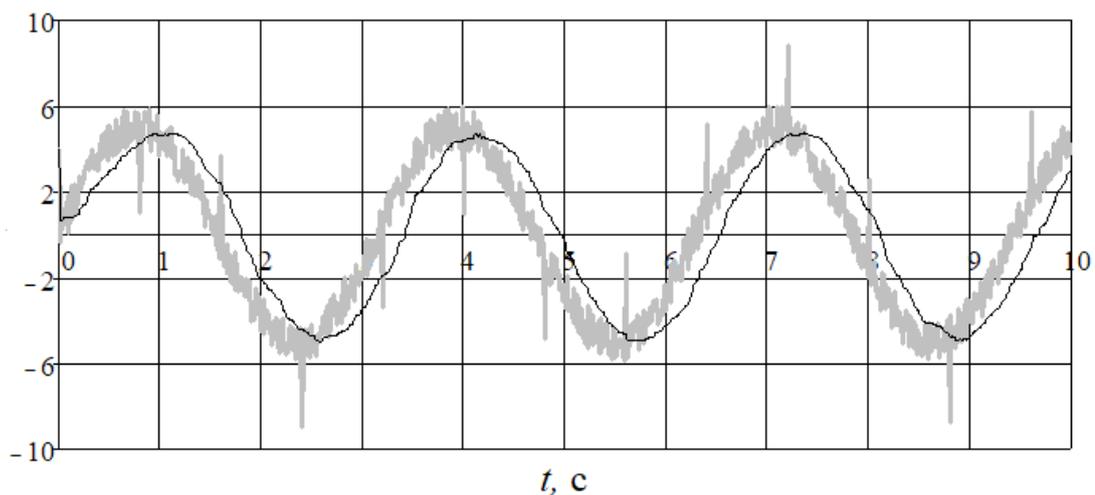
Рассмотрим далее работу медианного фильтра. На рисунке 4 показаны результаты работы этого фильтра при различных значениях ширины окна.



а)



б)



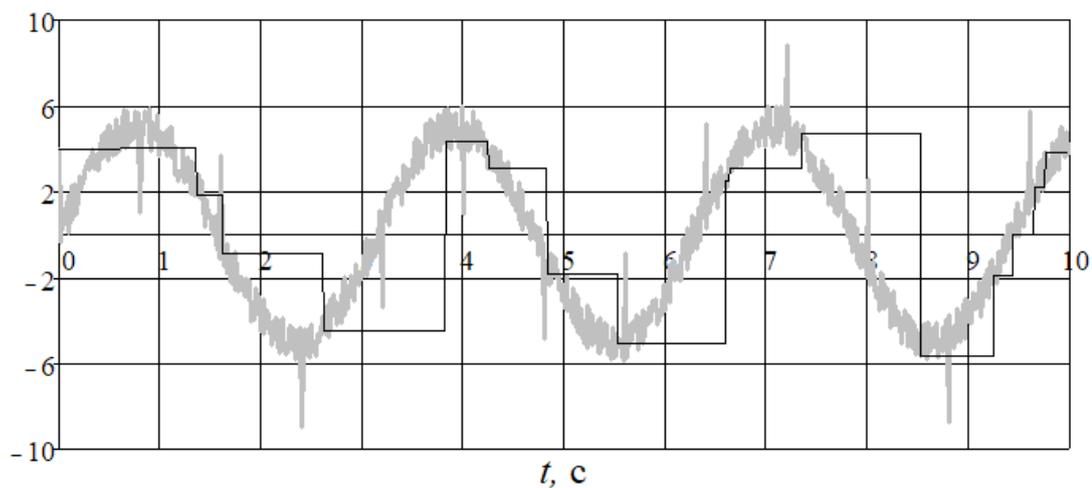
в)

Рисунок 4 – Результат работы медианного фильтра:

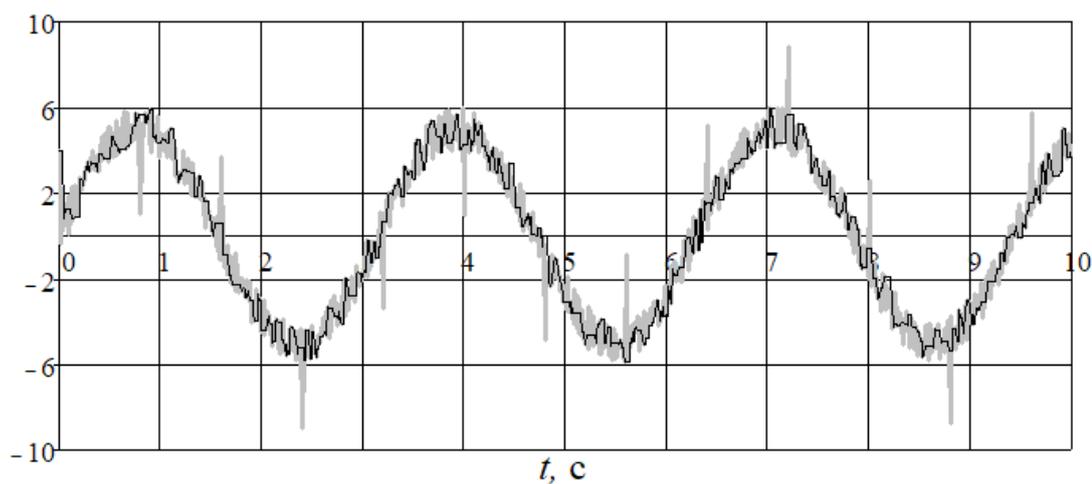
а) при $n = 10$; б) при $n = 20$; в) при $n = 50$

<Вывод для медианного фильтра>

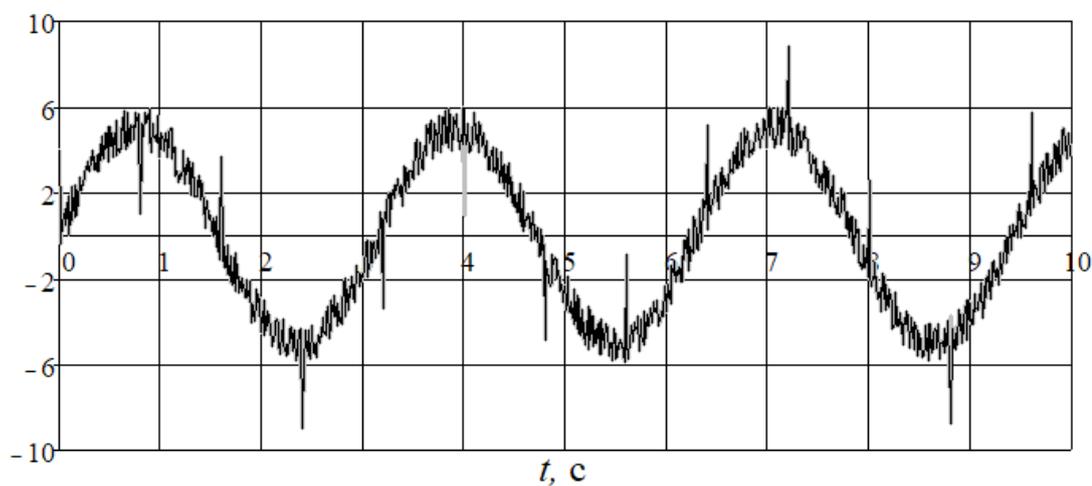
Рассмотрим далее работу фильтра с ограничением скорости нарастания сигнала. На рисунке 5 показаны результаты работы этого фильтра для различных значений приращения входного сигнала.



a)



б)

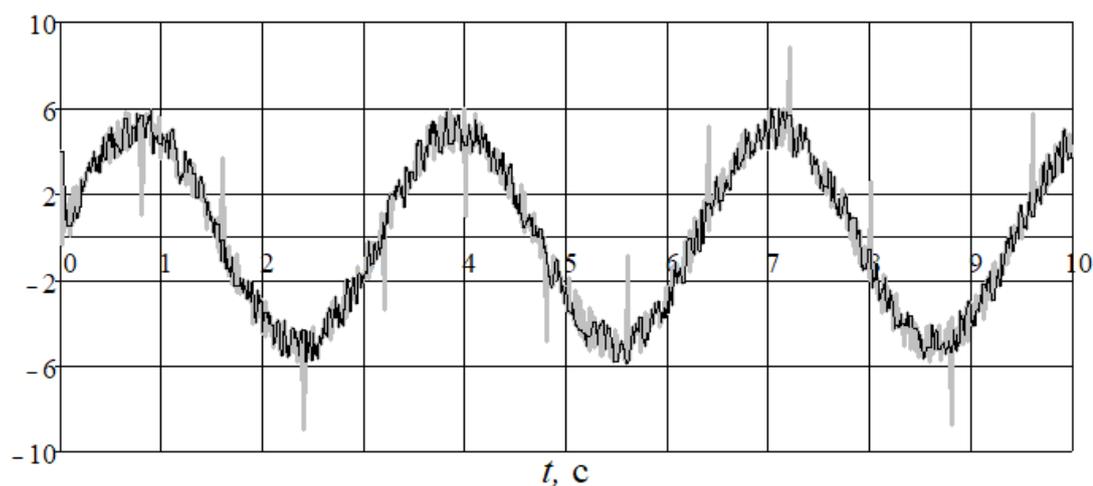


B)

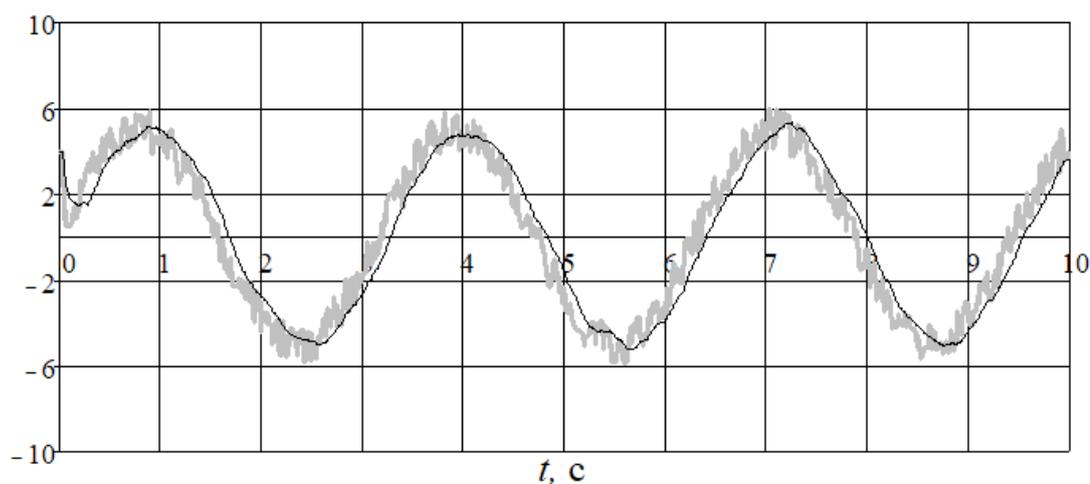
Рисунок 5 – Результат работы фильтра с ограничением скорости нарастания входного сигнала: а) при $\Delta x = 0.01$; б) при $\Delta x = 1$; в) при $\Delta x = 5$

<Вывод для фильтра с ограничением скорости нарастания сигнала>

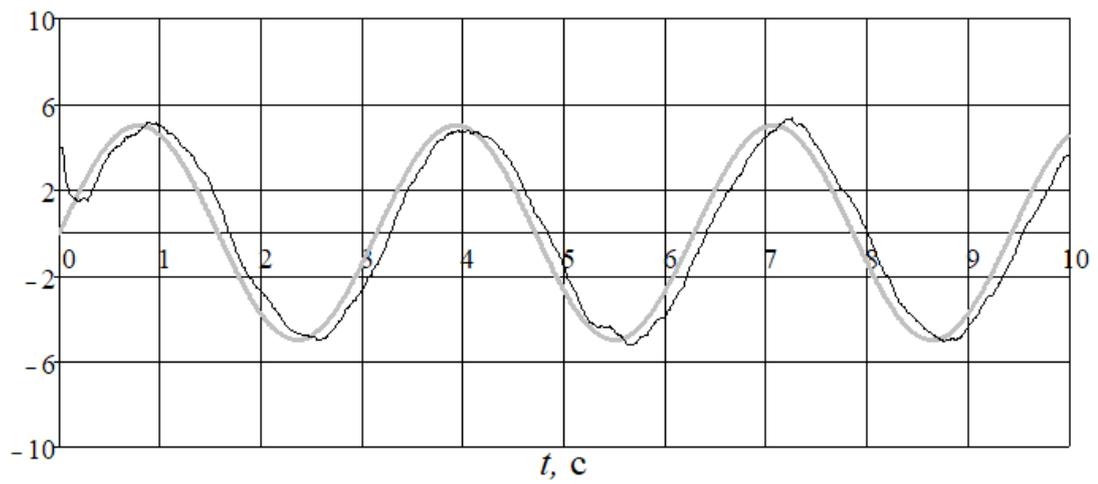
Рассмотрим далее результат работы последовательного соединения двух фильтров: фильтра с ограничением скорости нарастания сигнала и фильтра скользящего среднего. Предлагается измеряемый сигнал подать на ограничитель скорости нарастаний, чтобы отсечь всплески с большой амплитудой; затем выходной сигнал первого фильтра направить на фильтр скользящего среднего для устранения высокочастотного шума малой амплитуды. Результаты работы такого соединения фильтров представлены на рисунке 6.



а)



б)



в)

Рисунок 6 – Результат работы последовательного соединения фильтров:
 а) выходной сигнал первого фильтра; б) выходной сигнал второго фильтра;
 в) сравнение результата работы соединения фильтров с исходным полезным
 сигналом

<Вывод для последовательного соединения фильтров>