

НИУ ИТМО

# Отчёт по лабораторной работе №3

«Жёсткая фильтрация»

Выполнил: Братушка Н. И.

Группа: Р3238

Поток: ЧМ 1.4

Преподаватель: Перегудин А. А.,

Пашенко А. В.

**ИТМО**

Санкт-Петербург, 2024

# Содержание

<b>1. Задание 1. Жёсткие фильтры</b>	<b>3</b>
1.1. Высокие частоты . . . . .	4
1.1.1. Режем Фурье-образы и фильтруем сигнал! . . . . .	6
1.2. Специфические частоты . . . . .	15
1.2.1. Рассматриваем зашумленные сигналы при $b = 0$ . . . . .	15
1.2.2. Влияние параметра $b$ . . . . .	22
1.2.3. Подбираем правильные частоты среза . . . . .	28
1.3. Низкие частоты . . . . .	40
1.3.1. Частоты, частоты и ещё раз частоты! . . . . .	40
<b>2. Задание 2. Фильтрация звука</b>	<b>47</b>
2.1. Очищаем сигнал . . . . .	47
2.2. Наслаждаемся результатом! . . . . .	50

# 1. Задание 1. Жёсткие фильтры

В качестве исходного сигнала рассмотрим функцию

$$g(t) = \begin{cases} 3, & t \in [-2, 5] \\ 0, & t \in (-\infty, -2) \cup (5, \infty) \end{cases}, \quad (1)$$

график которой приведен ниже:

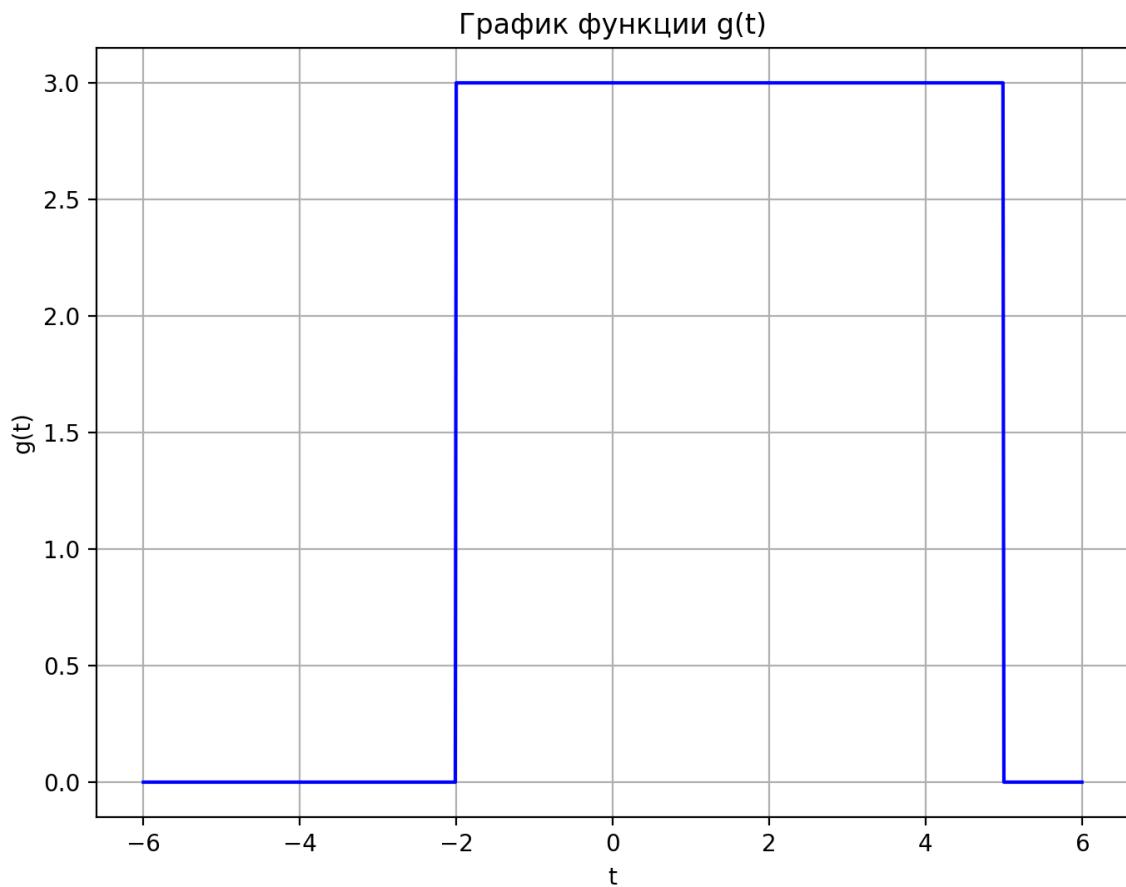


Рис. 1: График функции  $g(t)$

Для выполнения первого задания нам необходимо создать зашумлённую версию функции, или сигнала, при помощи функции

$$u(t) = g(t) + b(\text{rand}(\text{size}(t)) - 0.5) + c * \sin(d * t), \quad (2)$$

в которой  $b, c, d$  - параметры, чьё влияние на фильтрацию сигнала  $u(t)$  мы будем исследовать в этом задании.

## 1.1. Высокие частоты

При выполнении этого пункта значение параметра  $c$  мы примем равным 0. Параметр  $b$  принимает значения 0.25, 1, 4. Графики зашумлённого сигнала приведены ниже:

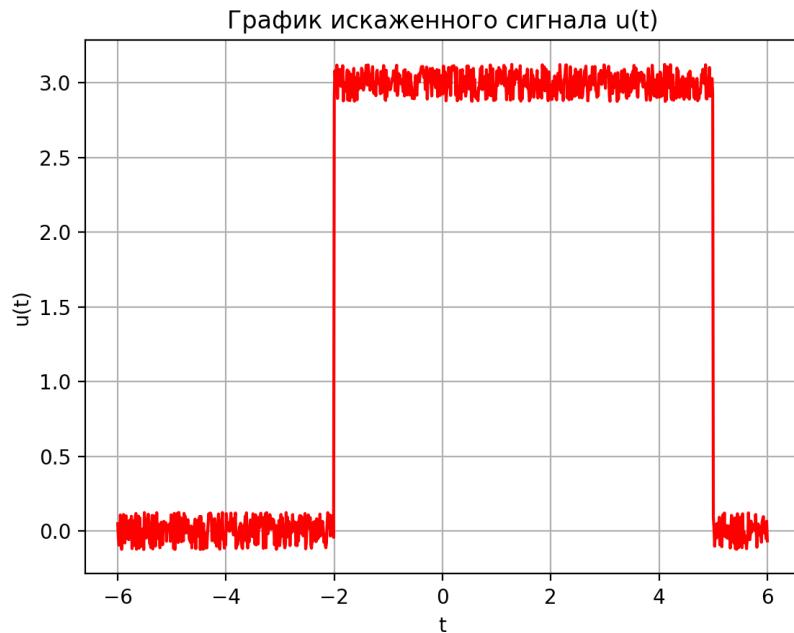
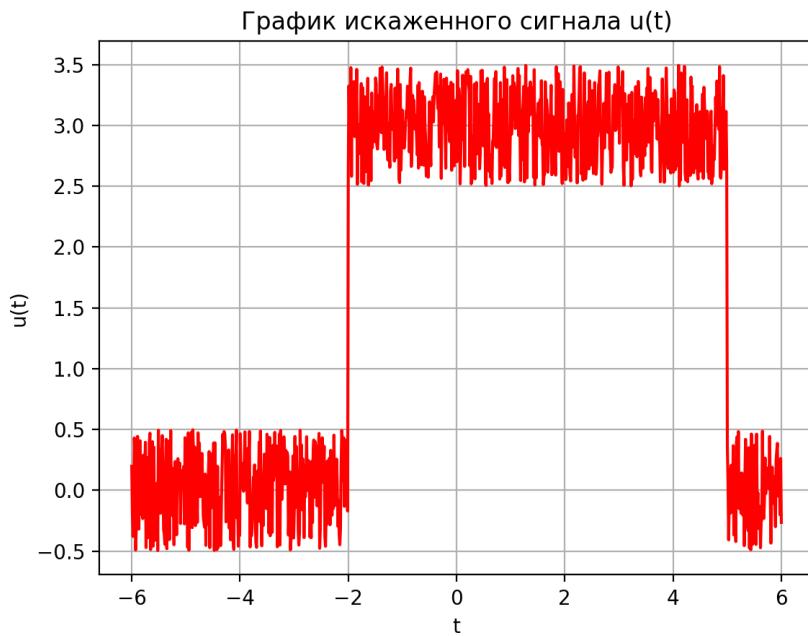
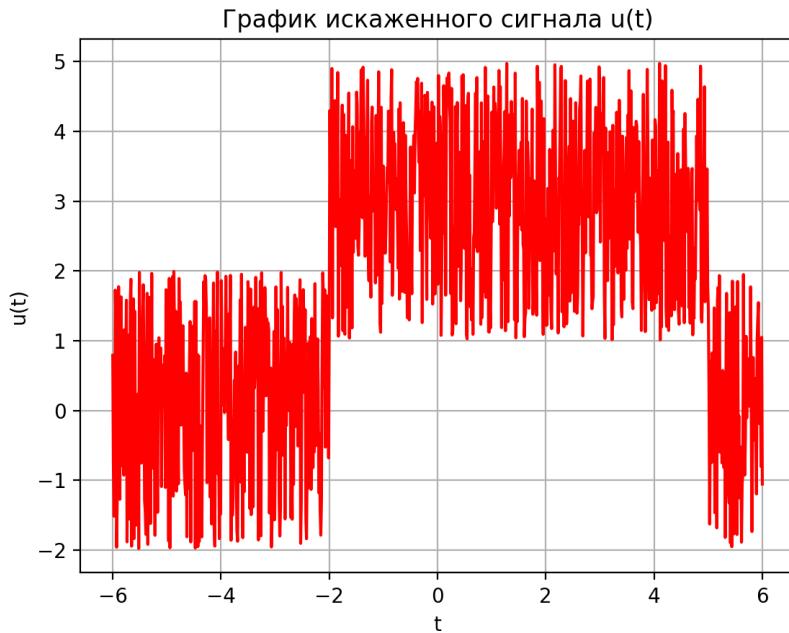


Рис. 2: График функции  $u(t)$  при  $b = 0.25$

Рис. 3: График функции  $u(t)$  при  $b = 1$ Рис. 4: График функции  $u(t)$  при  $b = 4$ 

Благодаря графикам мы можем сделать вывод о том, что параметр  $b$  влияет на степень хаотического шума, точнее на его амплитуду. Переходим к фильтрации!

### 1.1.1. Режем Фурье-образы и фильтруем сигнал!

Снова обращаемся к замечательному Фурье-преобразованию! Для выполнения задания 1 будем выполнять его для частоты  $\nu$ . В качестве частот среза ( $\nu_0$ ) будут выступать значения 0.6, 1.2, 1.8 Гц. Построим графики модулей Фурье-образов сигнала  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала, а также сравнительные графики модулей  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала:

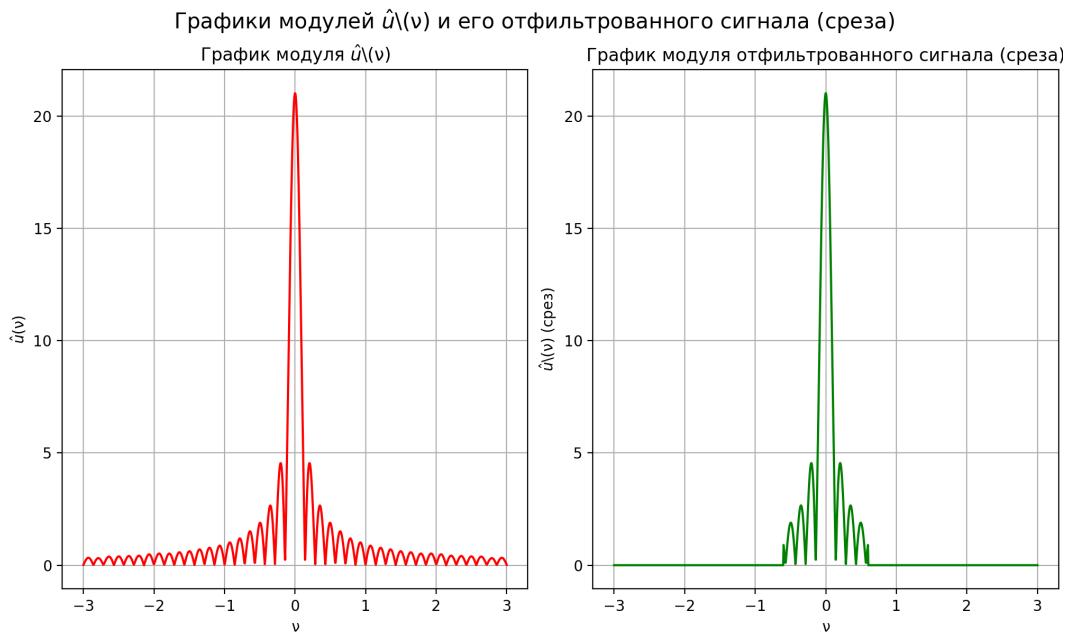


Рис. 5: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 0.6$  Гц

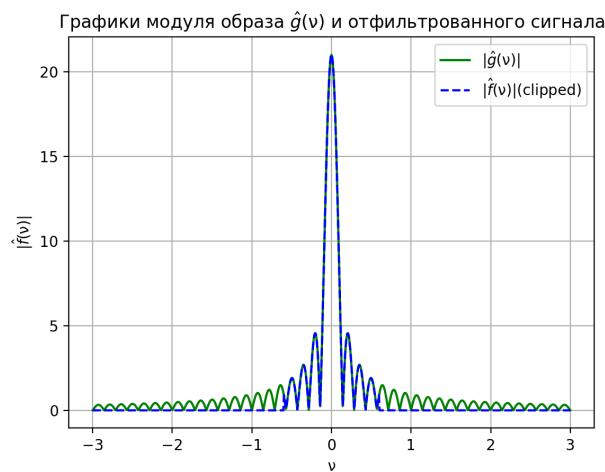


Рис. 6: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 0.6$  Гц

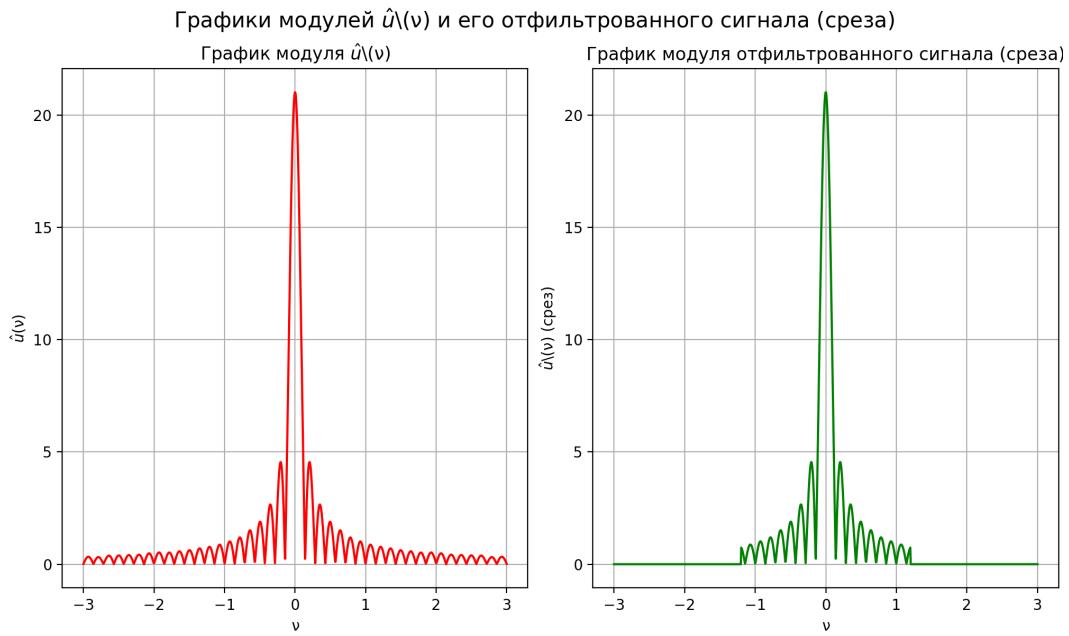


Рис. 7: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц

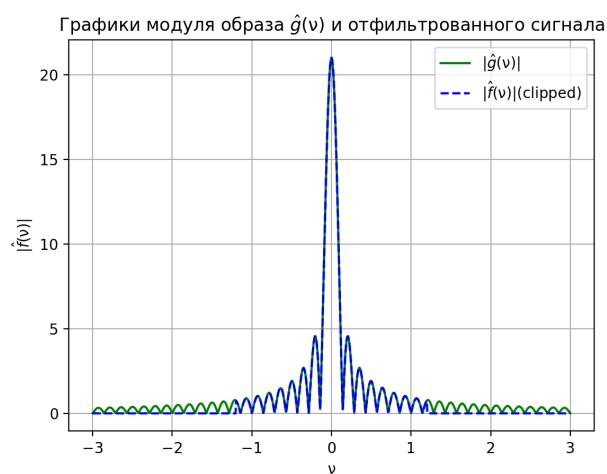


Рис. 8: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц

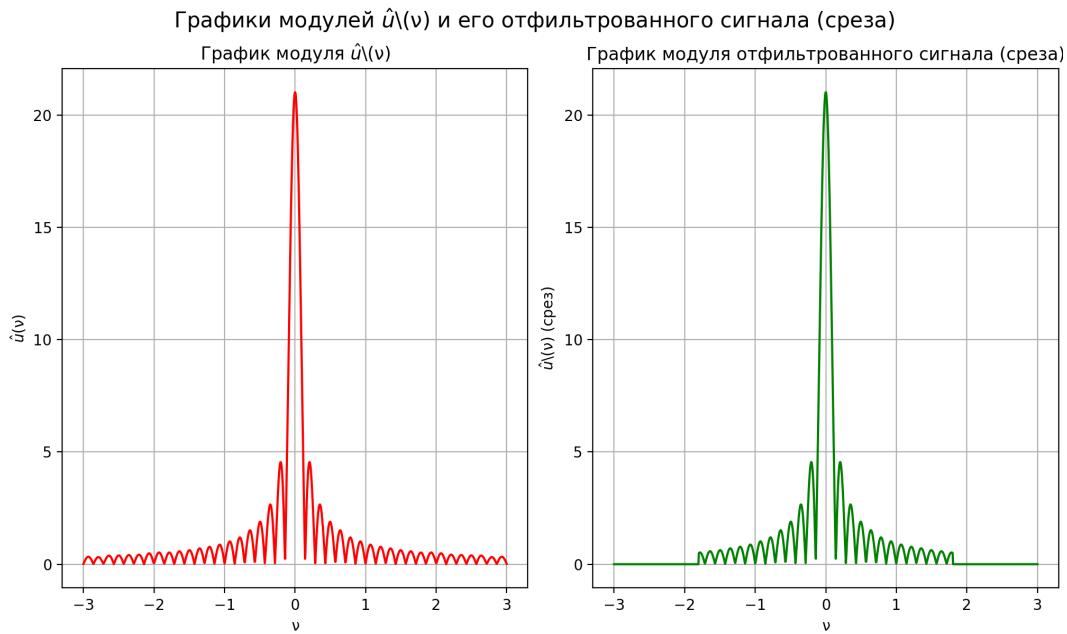


Рис. 9: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 1.8$  Гц

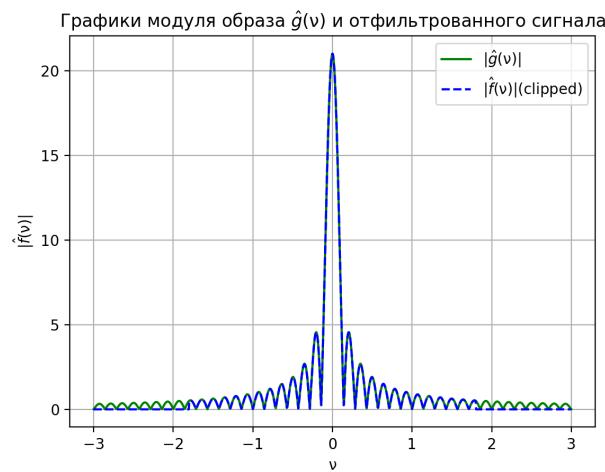


Рис. 10: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 1.8$  Гц

Выше были приведены графики для сигнала  $u(t)$  при  $b = 0.25$ , но с разными частотами среза. Это сделано для того, чтобы мы смогли узнать влияние частоты среза на отфильтрованный сигнал. Так что выполняем обратное преобразование Фурье «обрезанного» образа и сопоставляем полученный отфильтрованный сигнал с зашумленным и исходным:

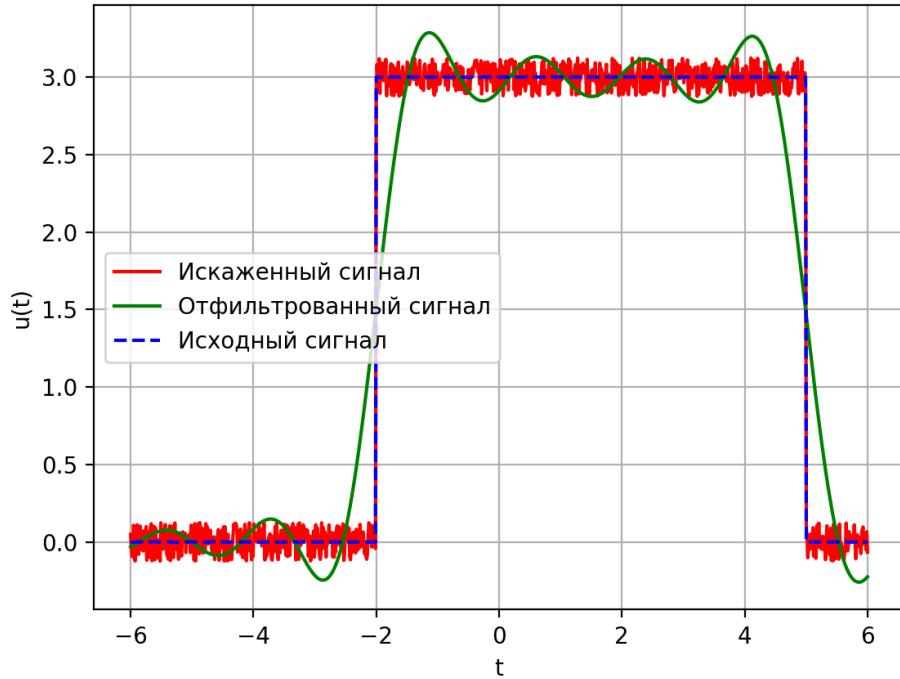
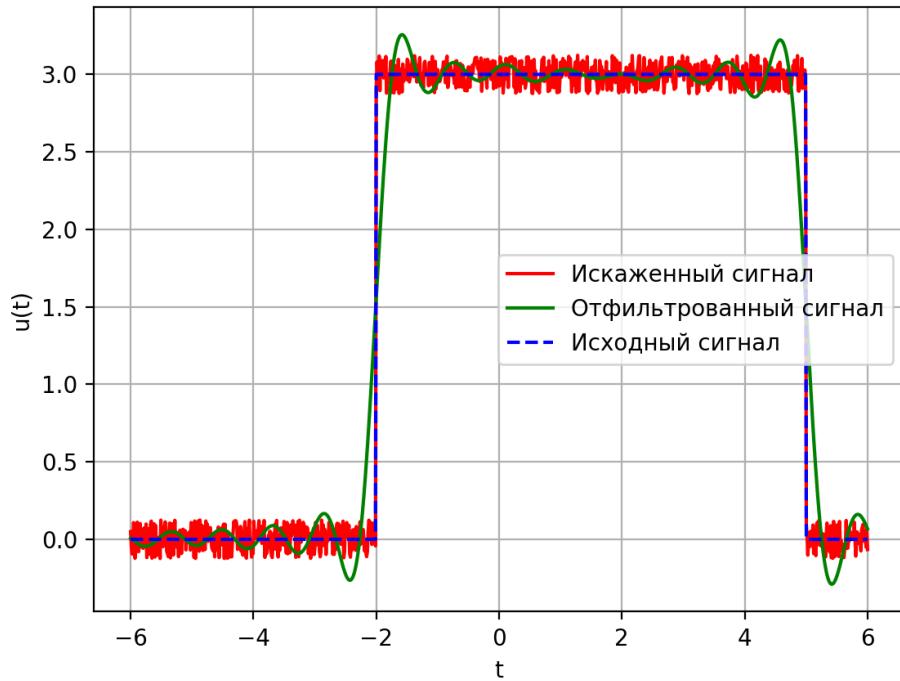
Графики искаженного ( $u(t)$ ), отфильтрованного и исходного сигналовРис. 11: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 0.6$  ГцГрафики искаженного ( $u(t)$ ), отфильтрованного и исходного сигналовРис. 12: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц



Рис. 13: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 0.25$  и  $\nu_0 = 1.8$  Гц

Из полученных графиков можно заключить, что при увеличении частоты среза отфильтрованный сигнал приближается к исходному по норме. В то же время увеличиваются колебания сигнала, что свидетельствует о большем влиянии хаотического шума. При меньшей частоте среза колебания (шумы) уменьшаются, но при этом функция становится более искажённой: сведение к минимуму влияния шума приводит к тому, что мы теряем часть высокочастотных компонент исходного сигнала.

Теперь зафиксируем частоту среза  $\nu_0 = 1.2$  Гц и проанализируем влияние параметра  $b$  на фильтрацию сигнала. Строим графики модулей Фурье-образов сигнала  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала, а также сравнительные графики модулей  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при разных значениях  $b$ :

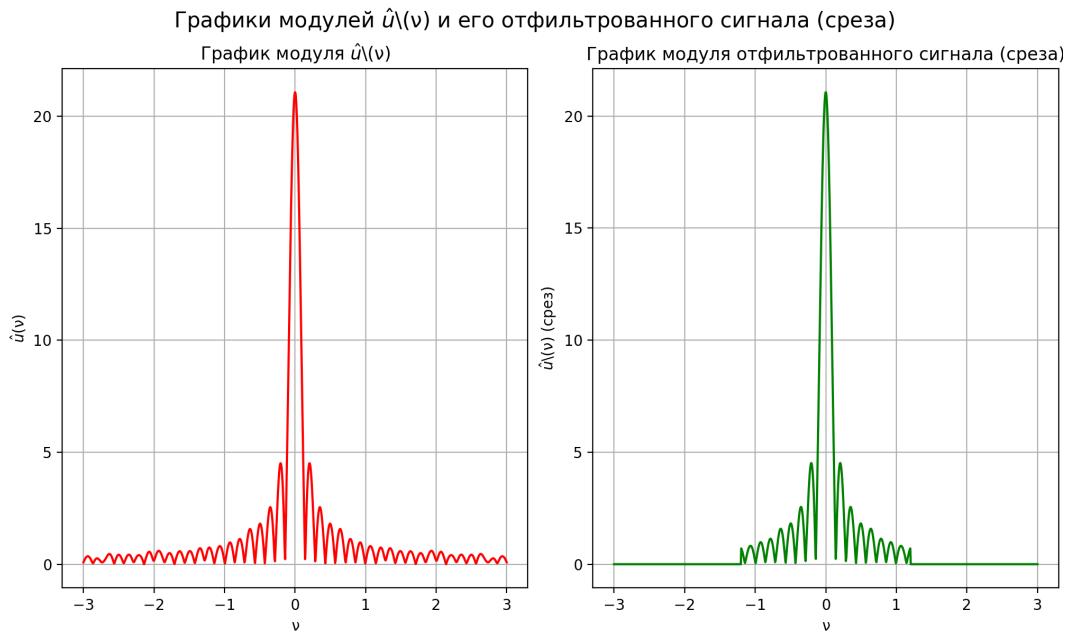


Рис. 14: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 1$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц



Рис. 15: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 1$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц

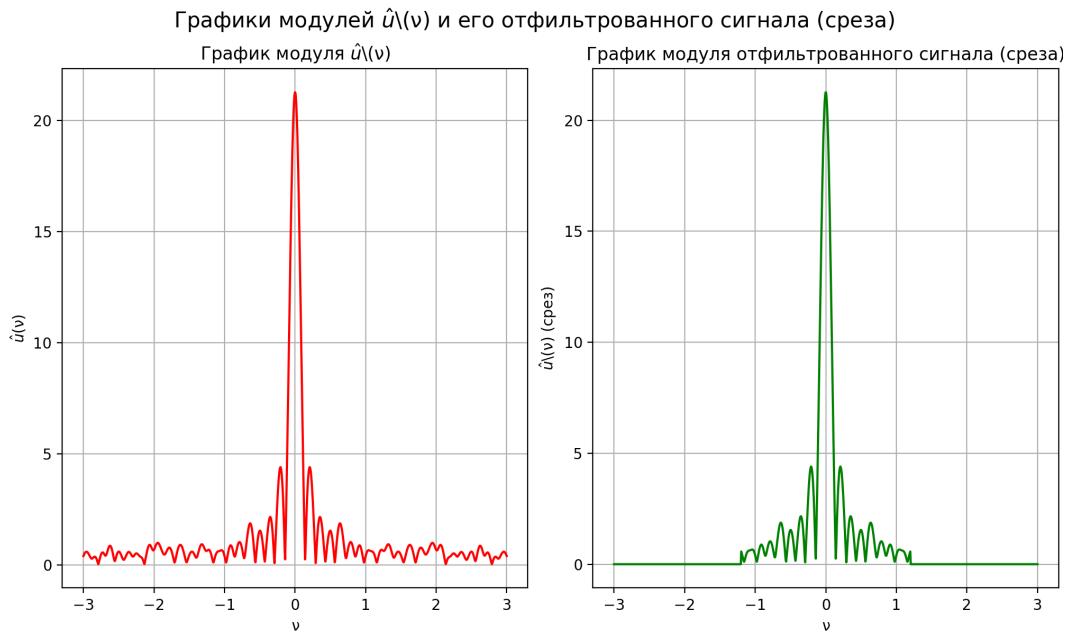


Рис. 16: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 4$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц

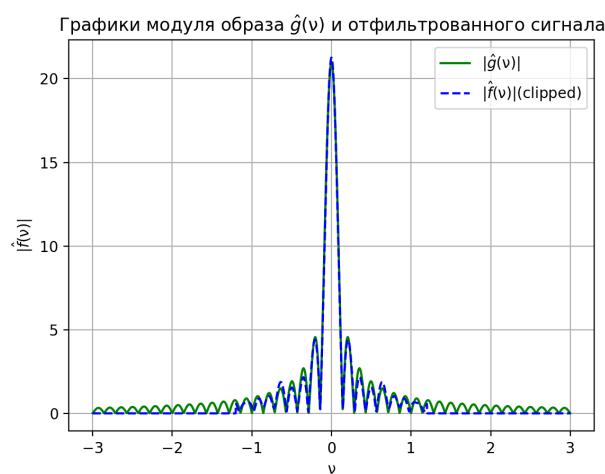


Рис. 17: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 4$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц

Графики зашумленного, отфильтрованного и исходного сигналов:



Рис. 18: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 1$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц



Рис. 19: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 4$  и  $\nu_0 = 1.2$  Гц

Обратим внимание на модули Фурье-образов при значениях 0.25, 1, 4 параметра  $b$  (рисунки 7, 14 и 16 соответственно). Стоит отметить, что при увеличении значения графики модуля Фурье-образа становятся более хаотичным при высоких частотах. Это свидетельствует о том, что увеличивается влияние высокочастотного шума на сигнал  $u(t)$ . Далее перейдём к графикам отфильтрованного сигнала (рисунки 12, 18, 19). При увеличении параметра уменьшается приближение отфильтрованного сигнала к исходному по норме, что является признаком большего влияния высокочастотного шума на сигнал. Однако это приводит к тому, что при большем значении  $b$  отфильтрованный сигнал имеет меньше колебаний, так как высокочастотные компоненты Фурье-образа в большей степени вызваны искажением сигнала, а не природой исходной функции  $g(t)$ .

## 1.2. Специфические частоты

Теперь мы будем оставлять значение лишь определённого диапазона частот при фильтрации. Это означает, что мы будем отбрасывать частоты таким образом, чтобы график модуля образа Фурье отфильтрованного сигнала как можно точнее совпадал с аналогичным графиком исходного сигнала  $g(t)$ . Для того, чтобы проанализировать влияние параметров на фильтрацию сигнала, мы для начала зафиксируем диапазон определённых частот, а затем рассмотрим влияние частот среза. В этом пункте параметры  $c$  и  $d$  будут ненулевыми.

### 1.2.1. Рассматриваем зашумленные сигналы при $b = 0$

Начнём наши исследования при  $b = 0$ . Строим графики аналогично пункту выше и анализируем их:



Рис. 20: График функции  $u(t)$  при  $b = 0$ ,  $c = 2$ ,  $d = 2$

Рис. 21: График функции  $u(t)$  при  $b = 0, c = 4, d = 2$ Рис. 22: График функции  $u(t)$  при  $b = 0, c = 2, d = 4$ 

На основе графиков можно сделать вывод, что параметр  $c$  влияет на амплитуду зашумленного сигнала, параметр  $d$  — частоту сигнала. Теперь оценим влияние этих параметров на фильтрацию при исключении частот  $\nu_0 \in [0.22, 1.0] \cup [2.7, 2.99]$  Гц:

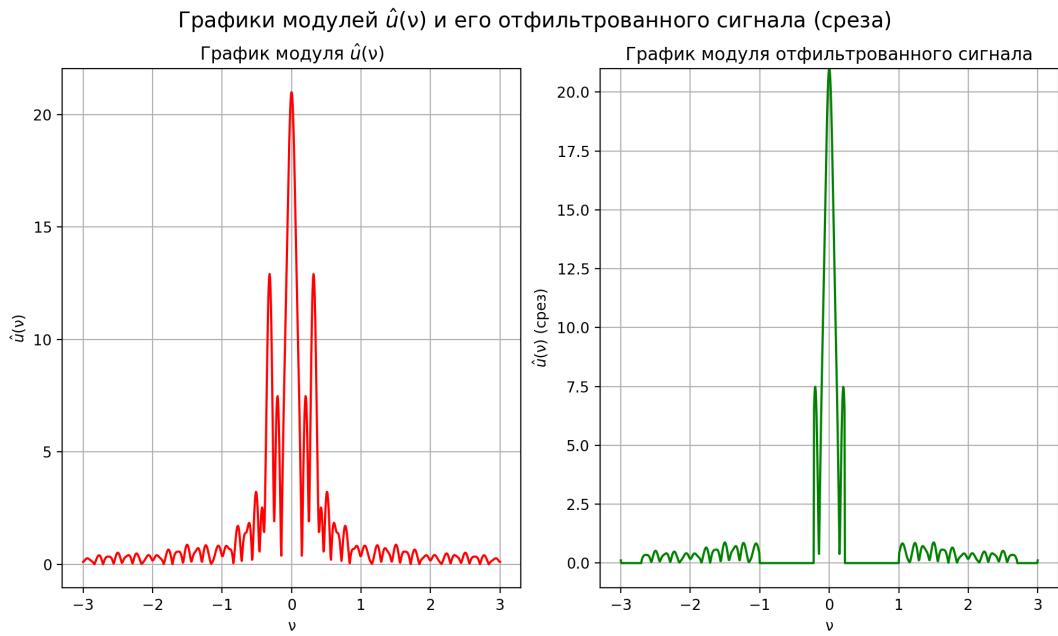


Рис. 23: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0, c = 2, d = 2$

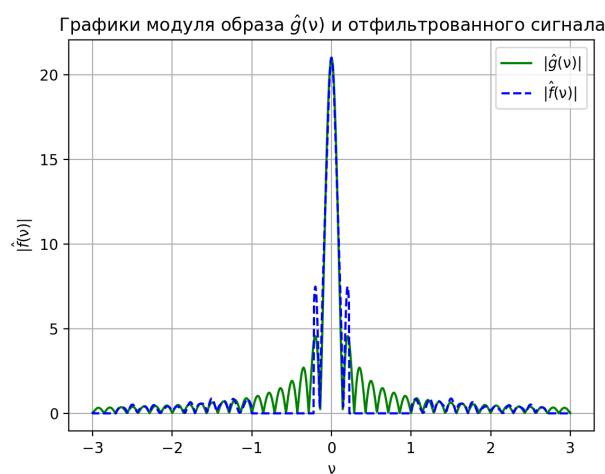


Рис. 24: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0, c = 2, d = 2$

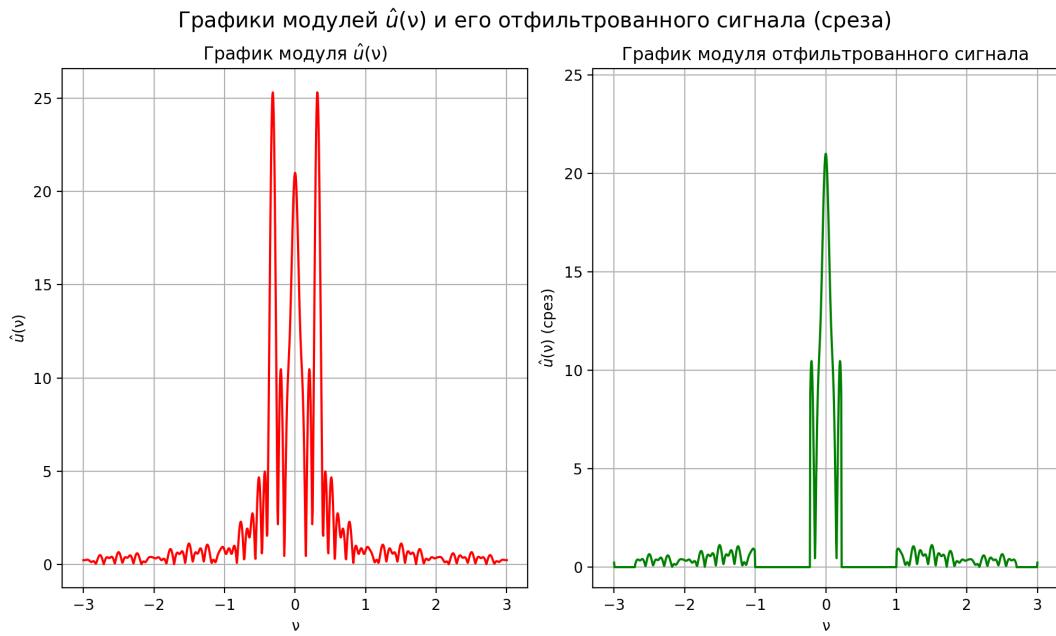


Рис. 25: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0, c = 4, d = 2$

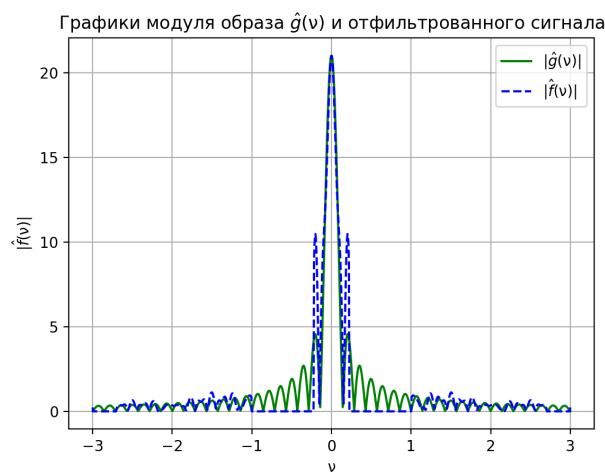


Рис. 26: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0, c = 4, d = 2$

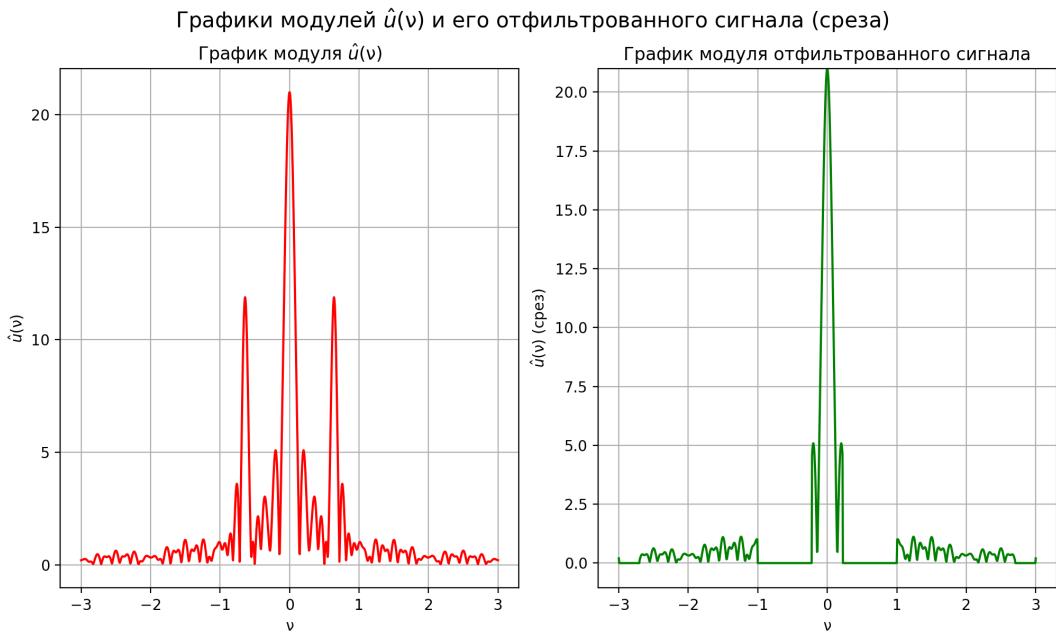


Рис. 27: Графики модулей Фурье-образа  $f(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0, c = 2, d = 4$



Рис. 28: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 0, c = 2, d = 4$

Скачки на графике модуля Фурье-образа обуславливаются доминирующими частотами. При увеличении параметра  $d$  увеличивается частота зашумленного сигнала, на Фурье-образе это отражается смещением пиков и шумов в сторону более высоких частот. Параметр  $c$  влияет на амплитуду сигнала, поэтому при увеличении параметра  $c$  увеличиваются значения модуля Фурье-образа практически на всём диапазоне частот, особенно в окрестности основной частоты сигнала. Поэтому для фильтрации сигнала мы должны исключить данную окрест-

ность и затем попробовать снизить колебания отфильтрованного графика обнулением высоких частот:

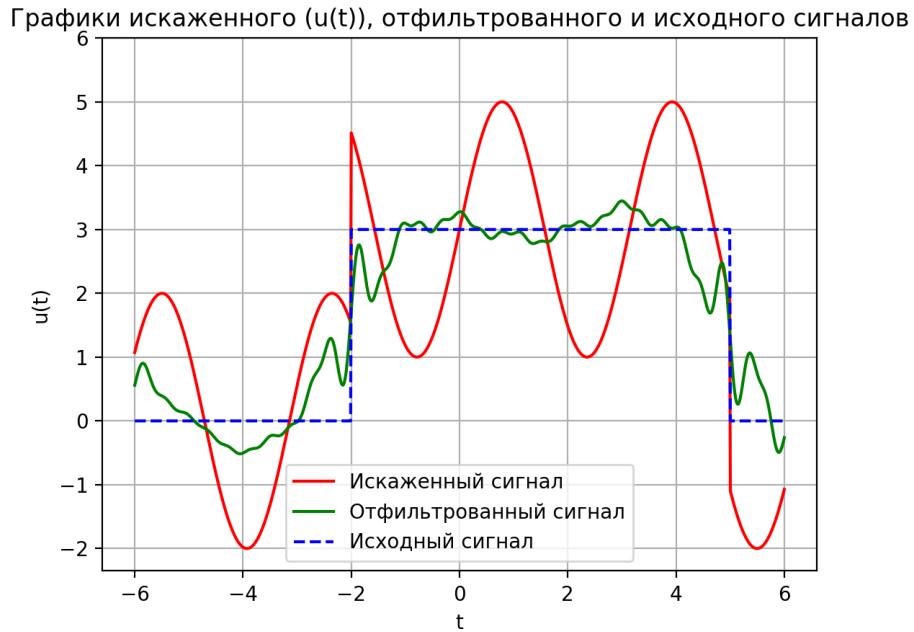


Рис. 29: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 0$ ,  $c = 2$ ,  $d = 2$



Рис. 30: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 0$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$



Рис. 31: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 0$ ,  $c = 2$ ,  $d = 4$

Сравнение графиков подтверждают ранее сделанные выводы. Увеличение параметра  $c$  приводит к увеличению значений пиков отфильтрованного сигнала. При увеличении параметра  $b$  увеличиваются колебания на «площадках» сигнала из-за увеличения частоты зашумленного сигнала.

### 1.2.2. Влияние параметра $b$

Теперь рассмотрим влияние параметра  $b$  на фильтрацию. Зафиксируем параметры  $c = 4, d = 2$  и частоты  $\nu_0 \in [0.22, 0.6] \cup [1.6, 2.99]$

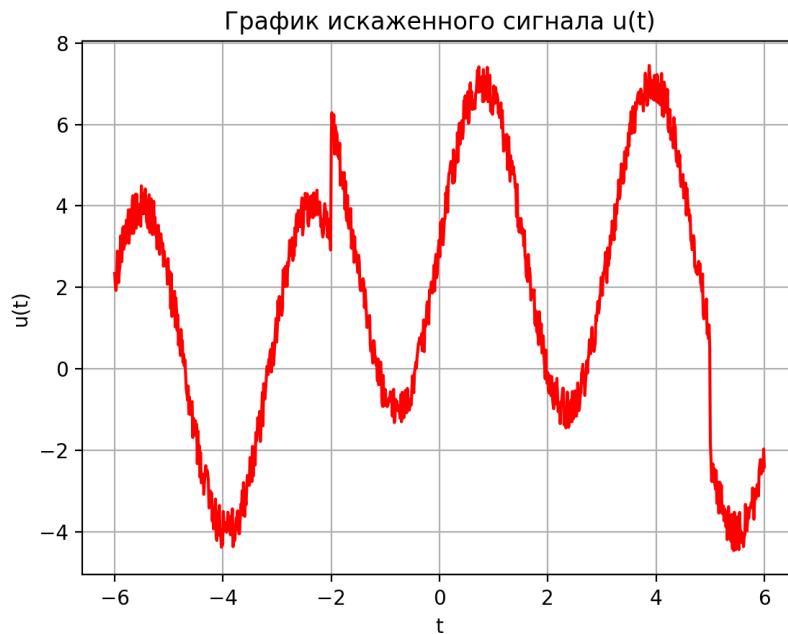


Рис. 32: График функции  $u(t)$  при  $b = 1, c = 4, d = 2$



Рис. 33: График функции  $u(t)$  при  $b = 2, c = 4, d = 2$

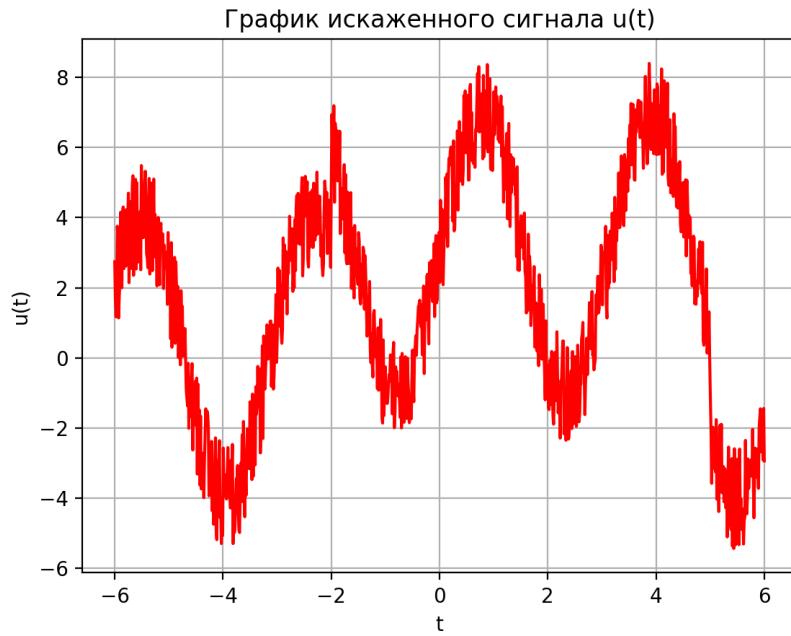


Рис. 34: График функции  $u(t)$  при  $b = 3$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$

Графики подтверждают вывод, сделанный в пункте 1.1., о влиянии параметра  $b$  на хаотический шум в зашумленном сигнале. А мы идём дальше к Фурье-образам!



Рис. 35: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 1, c = 4, d = 2$

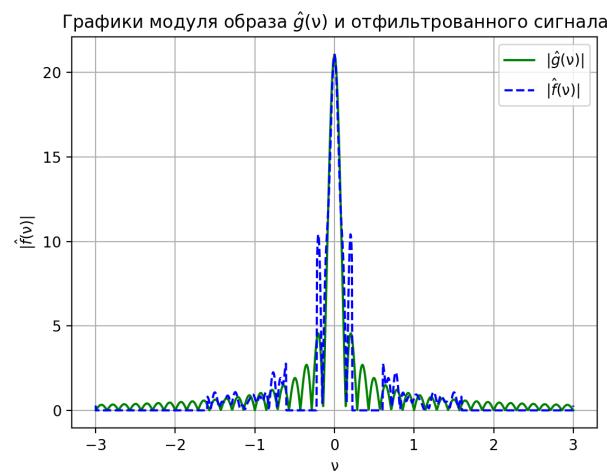


Рис. 36: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 1, c = 4, d = 2$

На графиках можно чётко проследить влияние параметра  $b$  на Фурье-образ. При увеличении значения параметра мы видим, что значение модуля при некоторых частотах возрастает, при других — уменьшается. В сравнении с графиками из пункта 1.2.1. заметно появление хаотического шума.

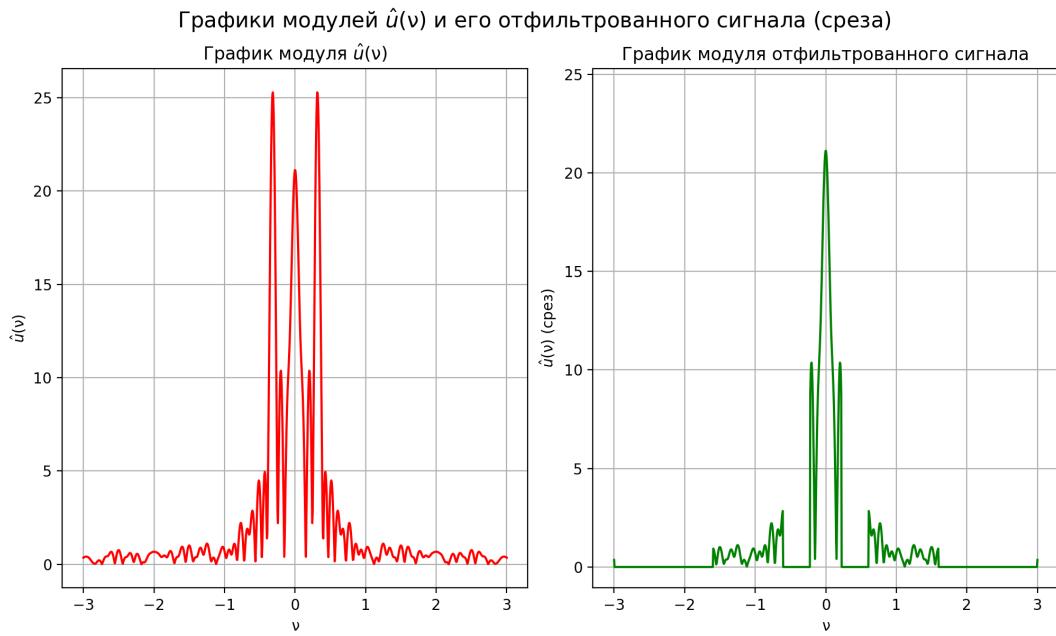


Рис. 37: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2$

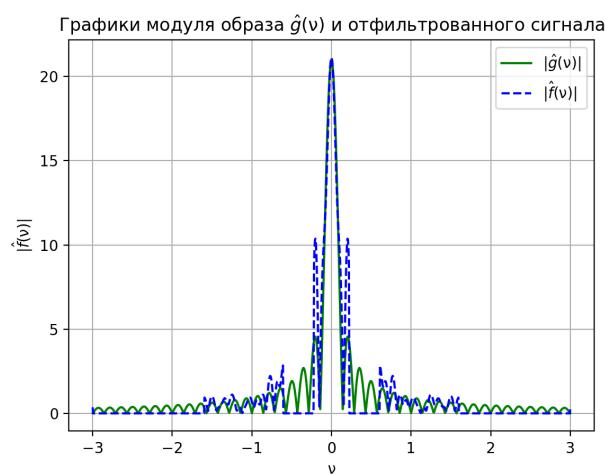


Рис. 38: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2$

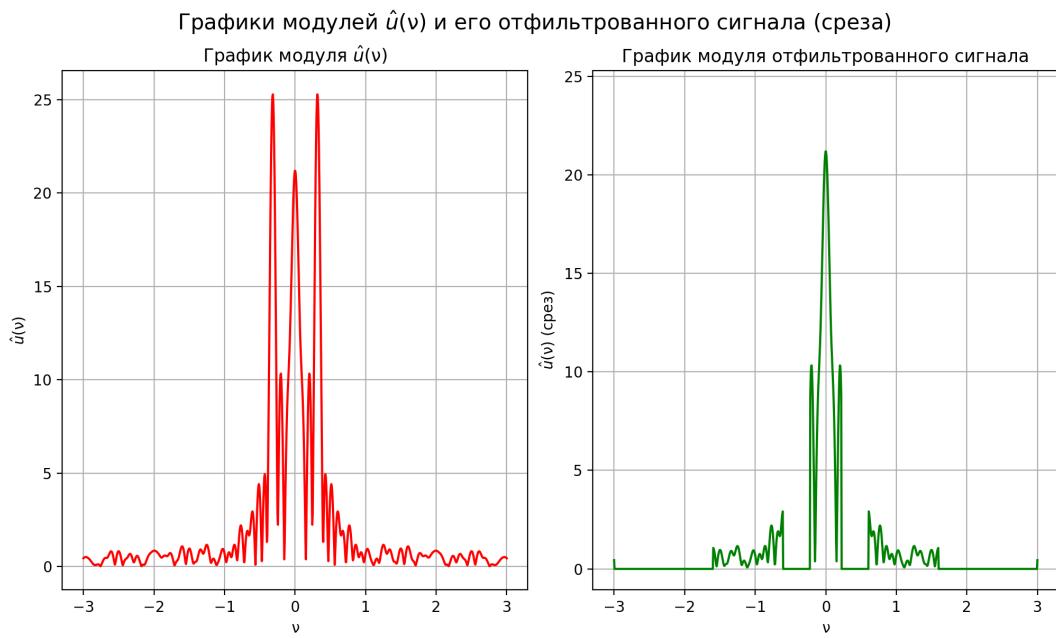


Рис. 39: Графики модулей Фурье-образа  $f(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 3, c = 4, d = 2$

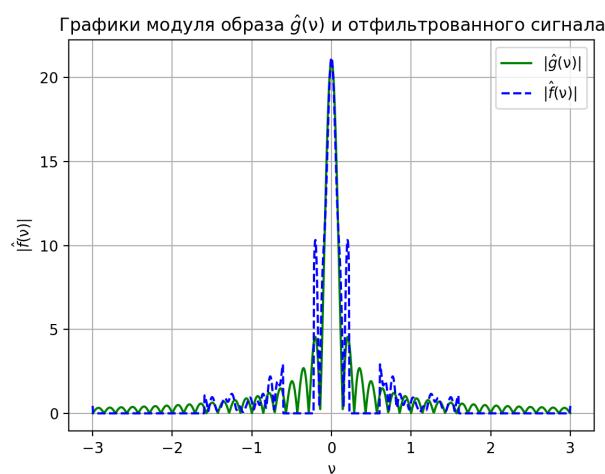


Рис. 40: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 3, c = 4, d = 2$



Рис. 41: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 1$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$

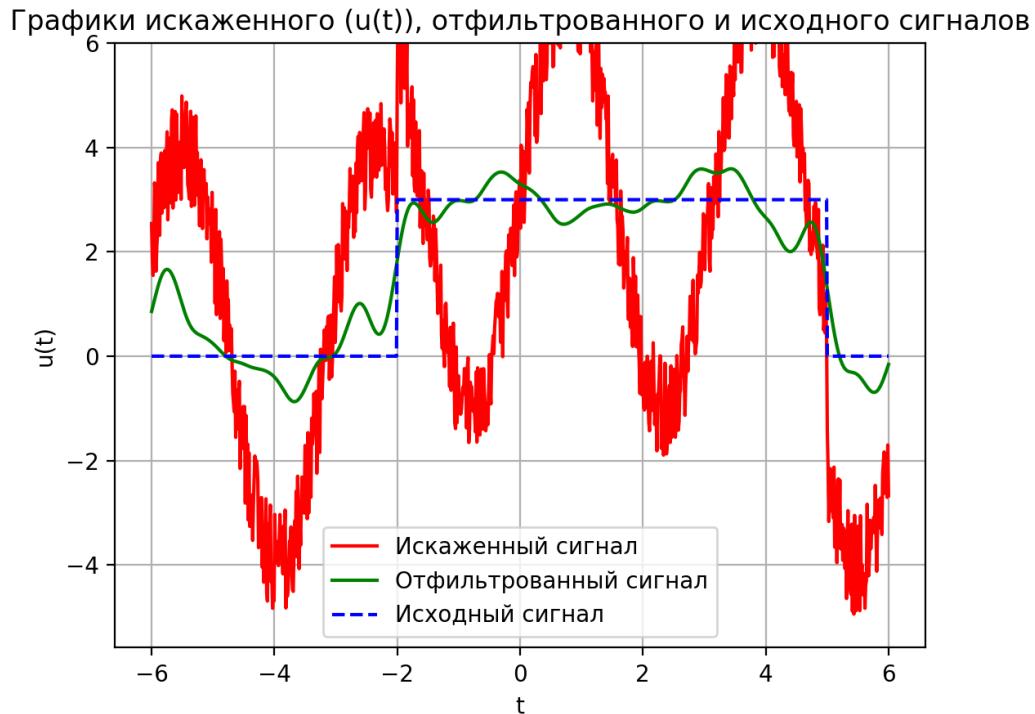


Рис. 42: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 2$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$



Рис. 43: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 3, c = 4, d = 2$

При увеличении  $b$ , как говорилось ранее, увеличивается влияние хаотического шума, поэтому при одинаковом фильтрационном интервале отфильтрованный Фурье-образ начинает удаляться по норме от образа исходного сигнала (см. рисунки 36, 38, 40). Это приводит к тому, что у отфильтрованного сигнала при одном и том же значении  $t$  значение отфильтрованного сигнала начинает увеличиваться или уменьшаться.

### 1.2.3. Подбираем правильные частоты среза

Возьмём сигнал с параметрами  $b = 2, c = 4, d = 2$  из прошлого пункта 1.2.2.. График сигнала представлен на рисунке 33. Нами уже был рассмотрен промежуток  $\nu_0 \in [0.22, 0.6] \cup [1.6, 2.99]$ . Теперь попробуем подобрать частоты таким образом, чтобы максимально приблизить его к исходному сигналу  $g(t)$ .

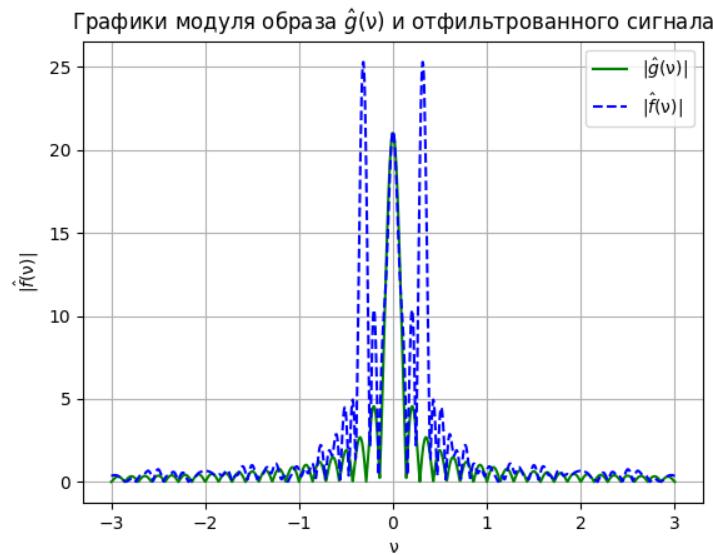


Рис. 44: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и зашумленного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2$

Для начала уберём влияние синусоиды и поэкспериментируем с высокими частотами:

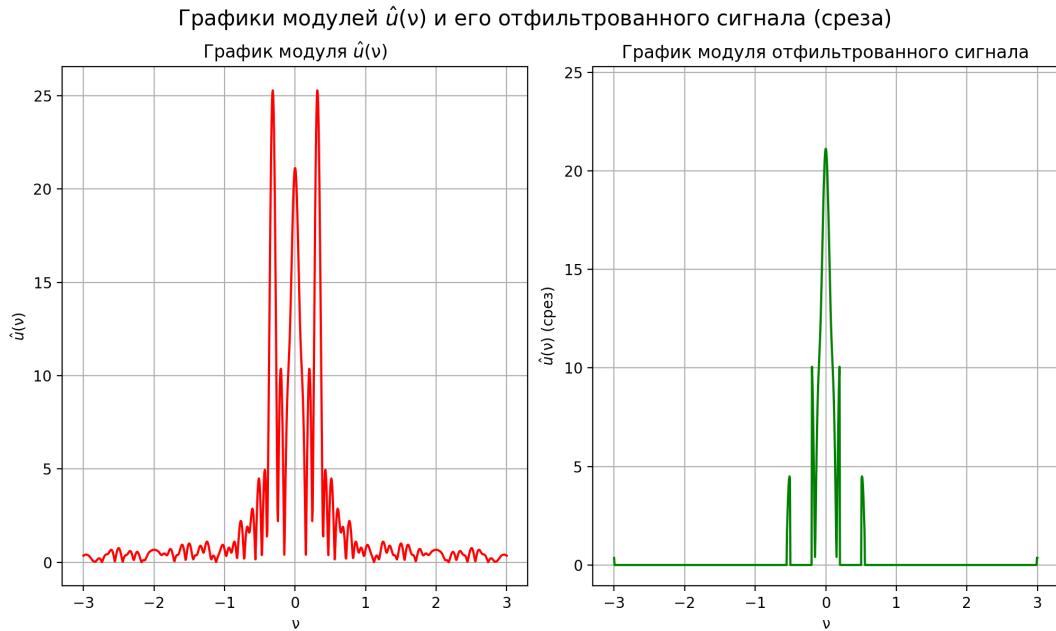


Рис. 45: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [0.55, 2.99]$

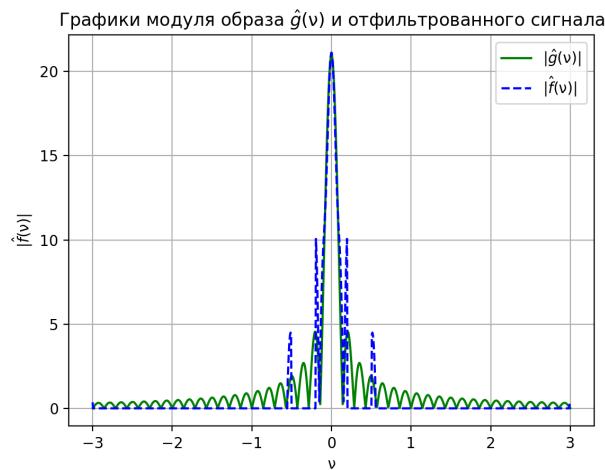


Рис. 46: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [0.55, 2.99]$

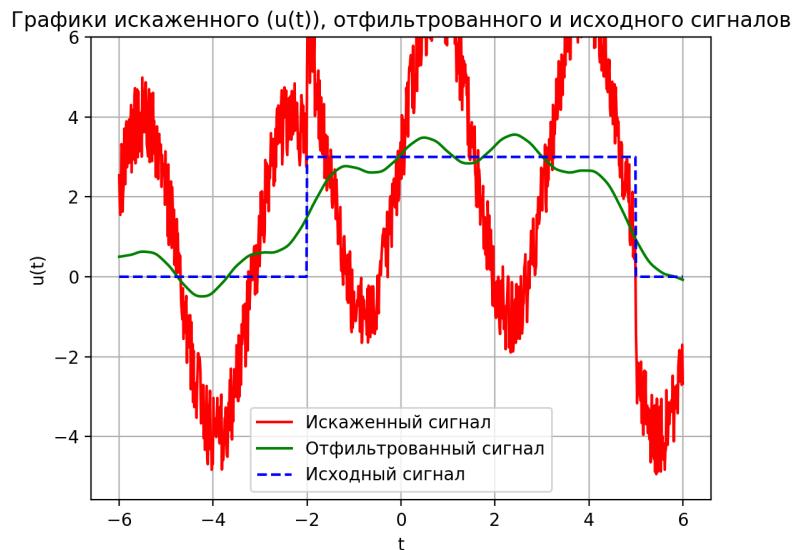


Рис. 47: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [0.55, 2.99]$

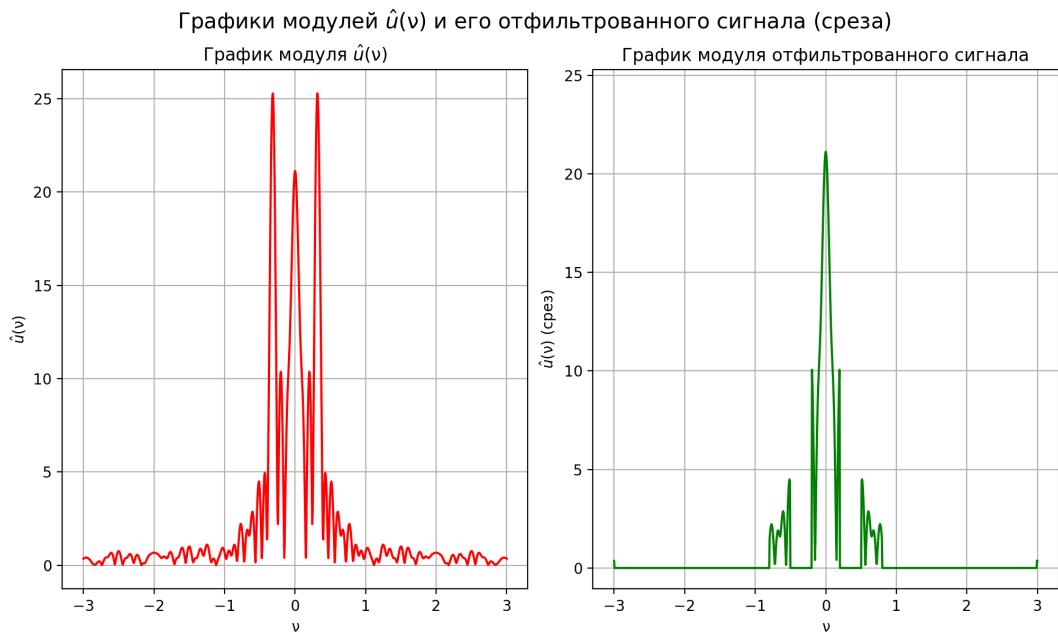


Рис. 48: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [0.8, 2.99]$



Рис. 49: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [0.8, 2.99]$

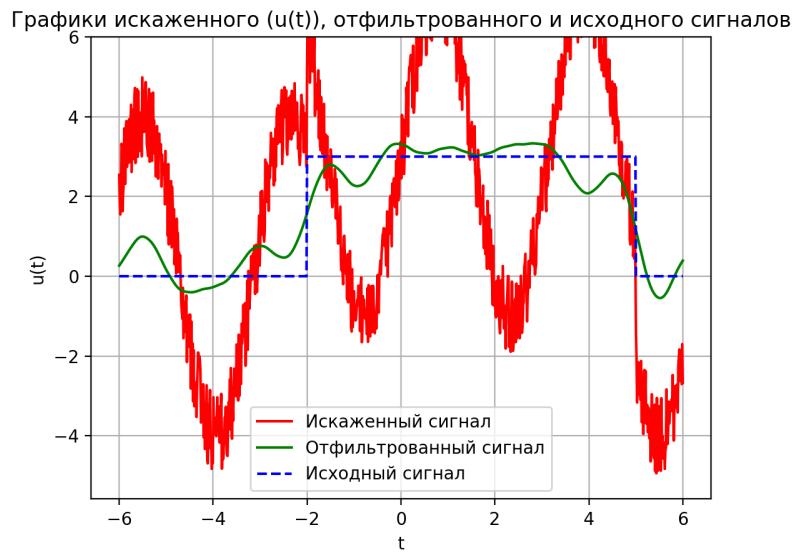


Рис. 50: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 2$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$ ;  $\nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [0.8, 2.99]$

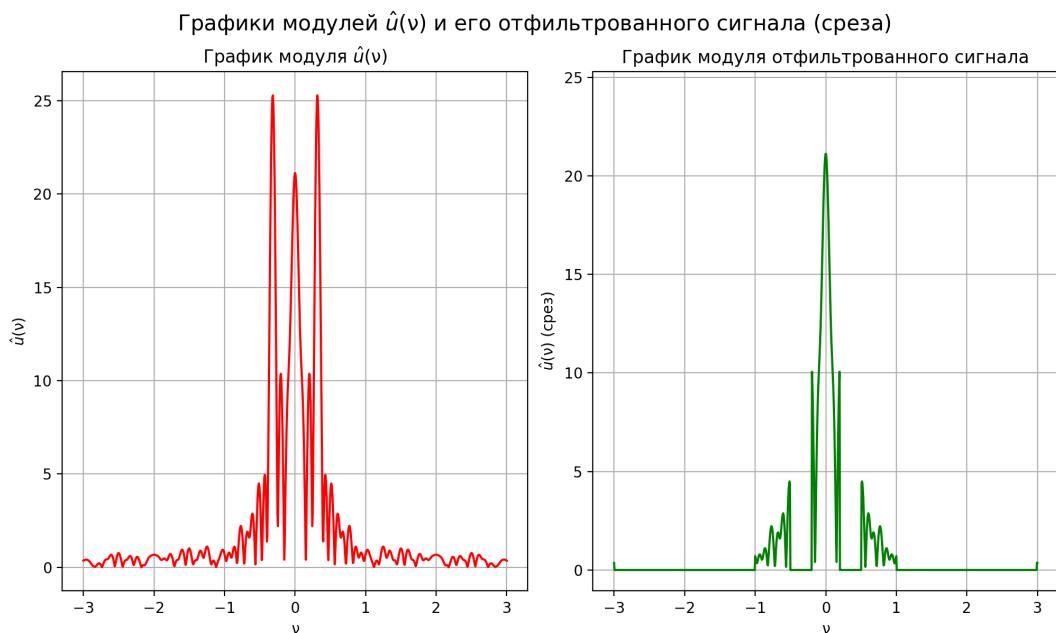


Рис. 51: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$ ;  $\nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [1.0, 2.99]$



Рис. 52: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [1.0, 2.99]$

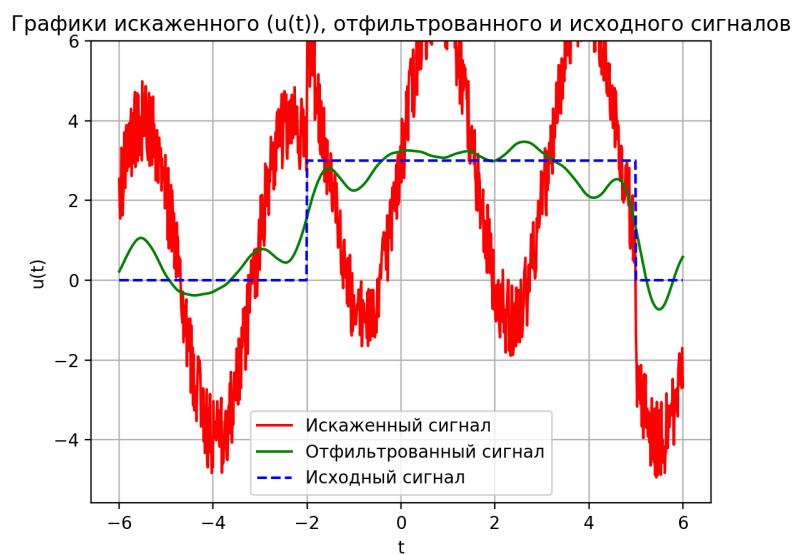


Рис. 53: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 0.5] \cup [1.0, 2.99]$

Нам удалось получить приемлемый результат. Важно отметить, что при уменьшении левой границы интервала для фильтрации высоких частот мы сглаживаем график отфильтрованного сигнала, но при чрезмерном уменьшении частоты среза колебания начинают увеличиваться, так как у нас остаётся небольшая окрестность частоты, с которой начинает колебаться сигнал (рисунок 47).

Теперь попробуем увеличить диапазон частот, которые мы исключаем для избавления от синусоидальных шумов ( $\nu_0 \in [0.2, 1.2]$ ):

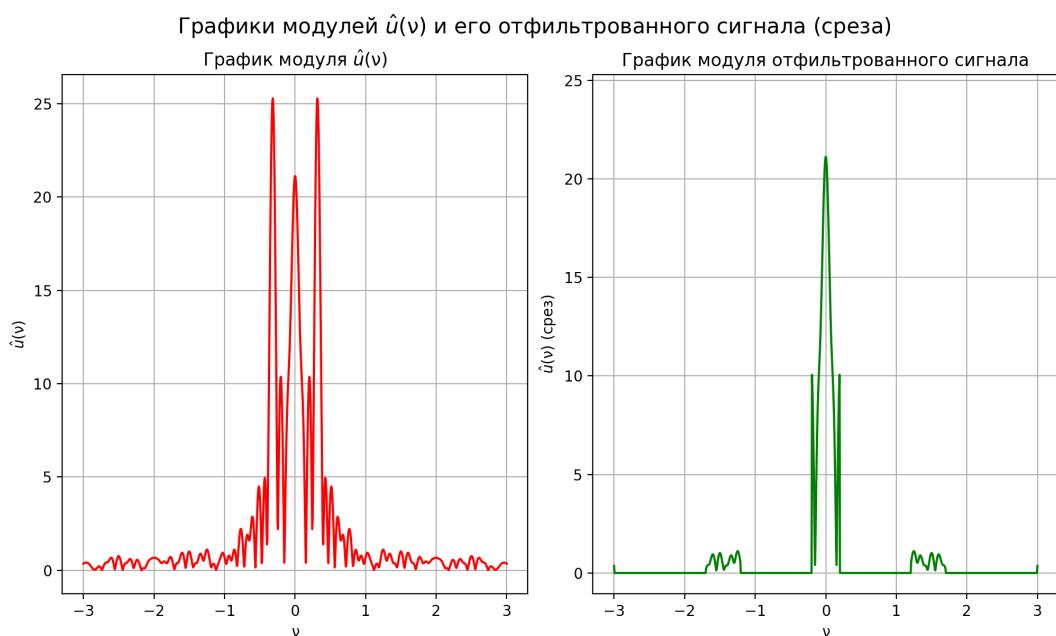


Рис. 54: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.7, 2.99]$

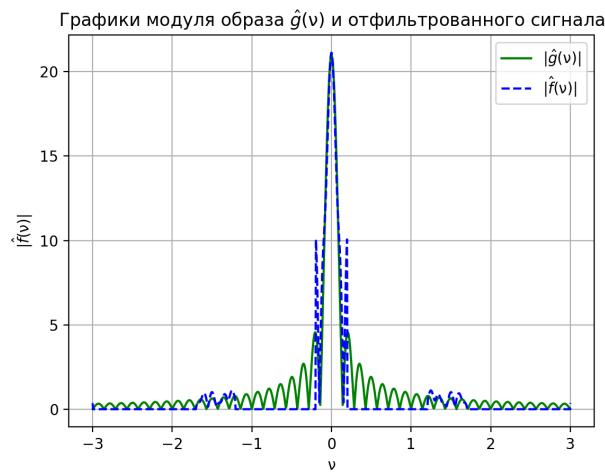


Рис. 55: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.7, 2.99]$

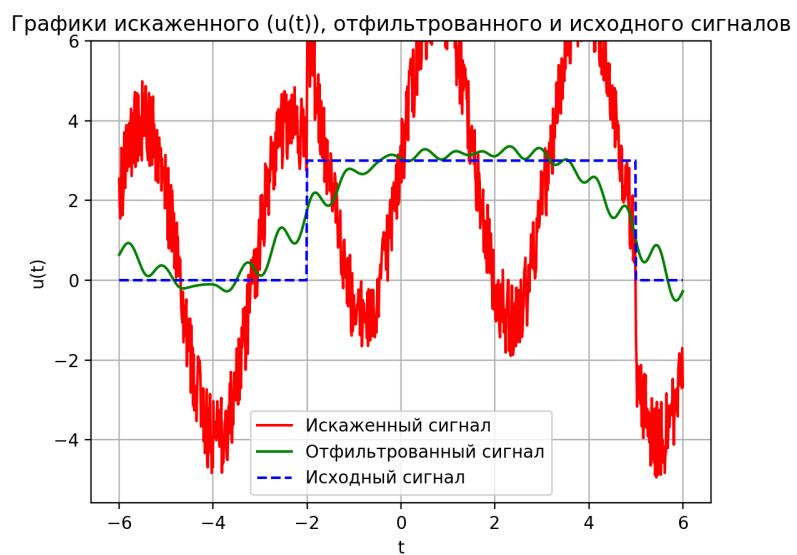


Рис. 56: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.7, 2.99]$

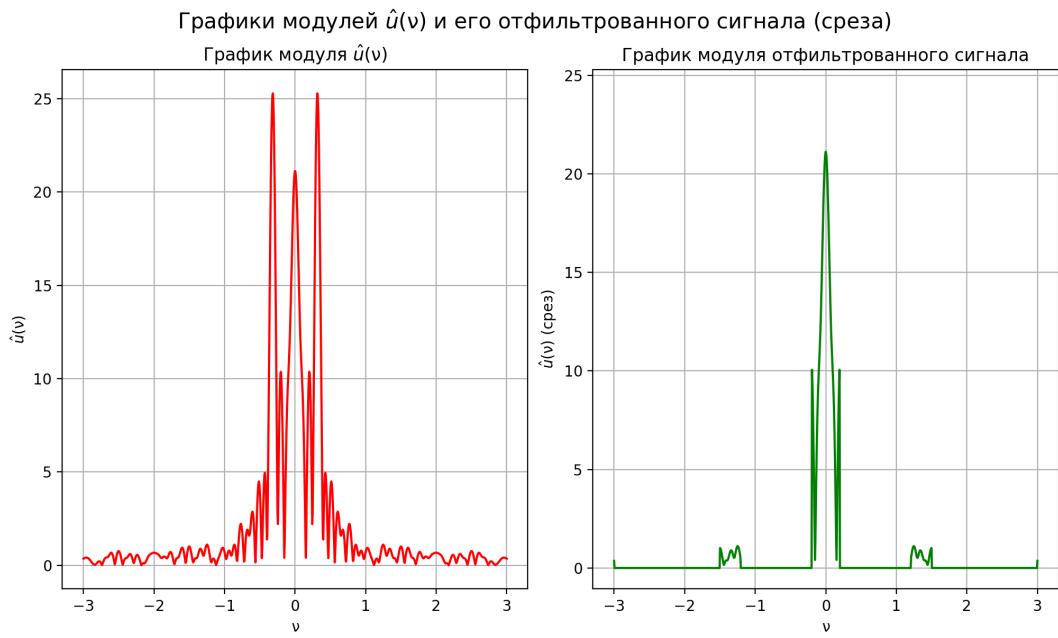


Рис. 57: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.5, 2.99]$



Рис. 58: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.5, 2.99]$



Рис. 59: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 2$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$ ;  $\nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.5, 2.99]$

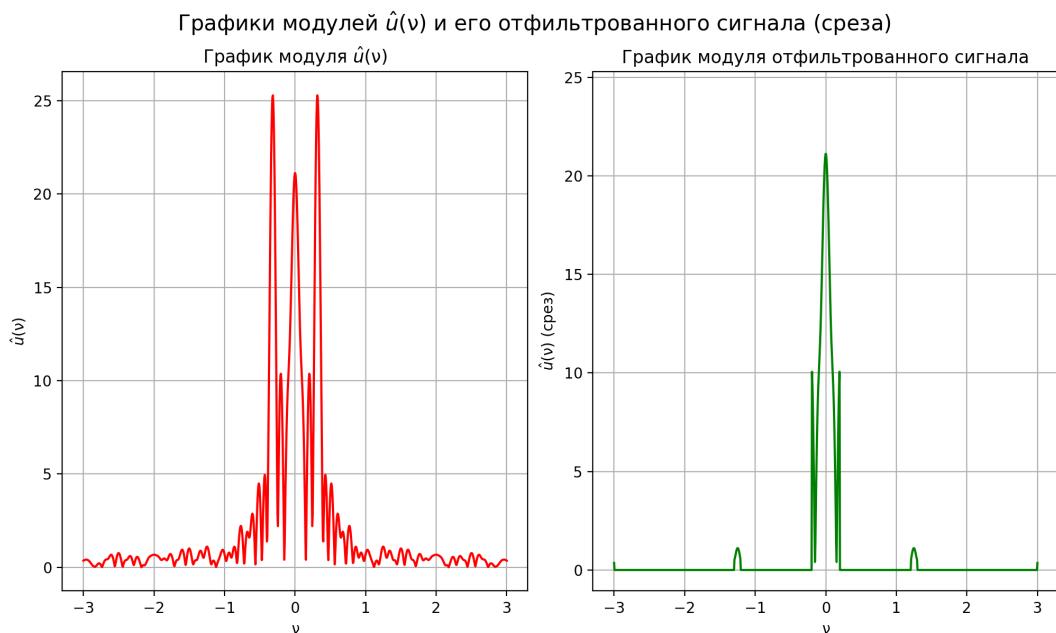


Рис. 60: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2$ ,  $c = 4$ ,  $d = 2$ ;  $\nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.3, 2.99]$

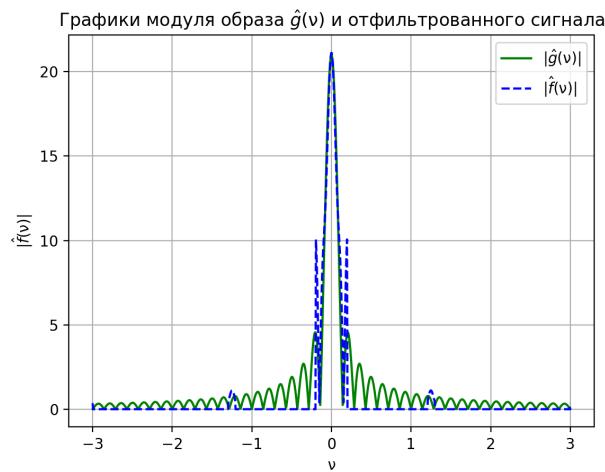


Рис. 61: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.3, 2.99]$

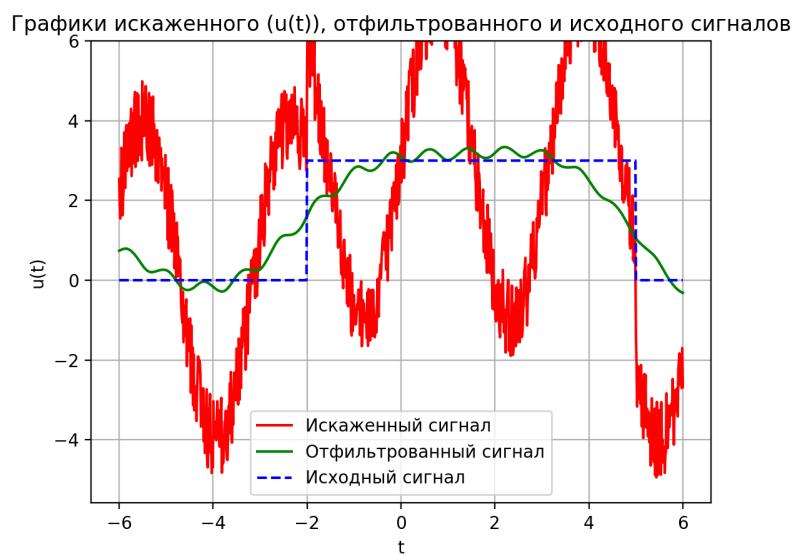


Рис. 62: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $b = 2, c = 4, d = 2; \nu_0 \in [0.2, 1.2] \cup [1.3, 2.99]$

Увеличение диапазона низких частот приводит к сглаживанию скачков при  $t = -2, 5$ . При увеличении диапазона высоких частот для фильтрации мы приходим выводу, аналогичному для рисунков 47, 50, 53.

После фильтрации зашумленного сигнала при разных частотах среза можно сказать, что отбрасывание нескольких диапазонов частот заметно сглаживает шумы и позволяет приблизить сигнал к исходному и мы позволят определить примерный вид сигнала  $g(t)$ . Можно предположить, что для более точного приближения необходимо «обнулять» меньшие окрестности определённых частот. Но при уменьшении диапазона высоких частот можно наблюдать увеличение колебаний сигнала, поэтому нельзя однозначно утверждать, что возможно полное избавление от шумов и приведение сигнала к исходному.

### 1.3. Низкие частоты

Возьмём сигнал с параметрами  $b = 4$ ,  $c = 2$ ,  $d = 2$ , график которого приведён ниже:



Рис. 63: График  $u(t)$  при  $b = 4$ ,  $c = 2$  и  $d = 2$

#### 1.3.1. Частоты, частоты и ещё раз частоты!

В качестве частоты среза будут выступать значения 0.4, 0.6, 1.2, 1.8 Гц. Графики приведены ниже:

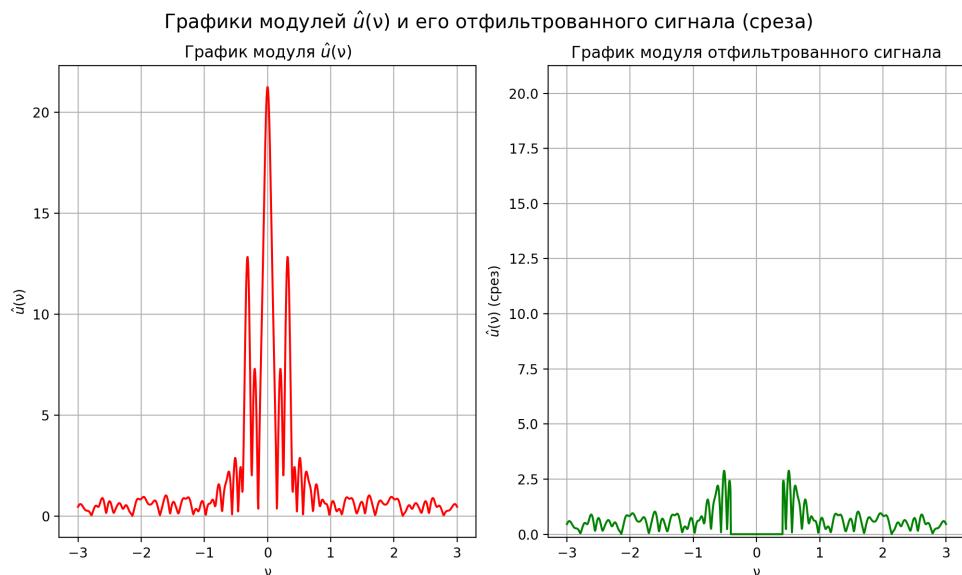


Рис. 64: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 0.4$  Гц



Рис. 65: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 0.4$  Гц

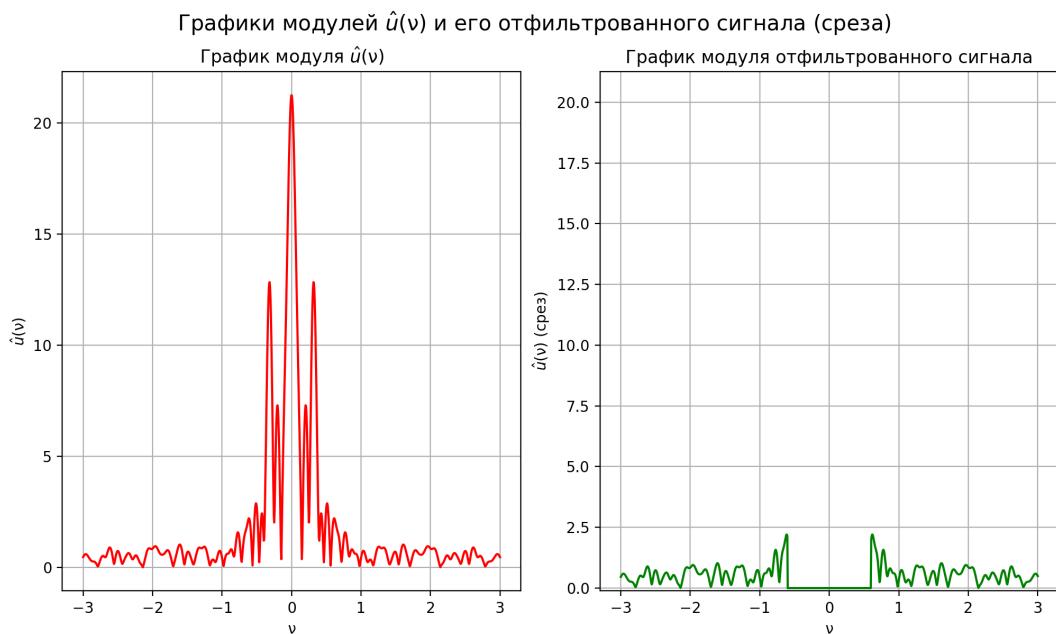


Рис. 66: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 0.6$  Гц



Рис. 67: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 0.6$  Гц



Рис. 68: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 1.2$  Гц

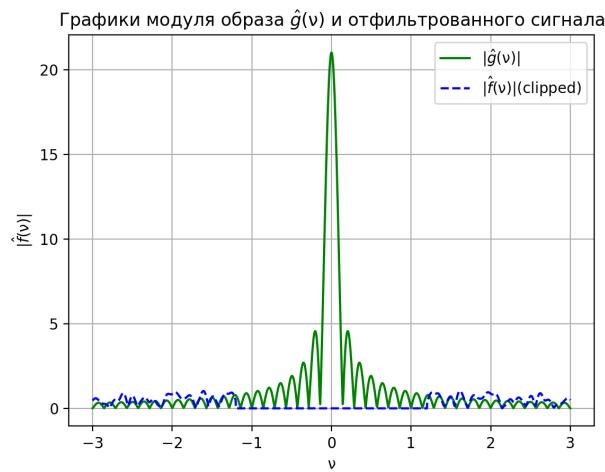


Рис. 69: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 1.2$  Гц

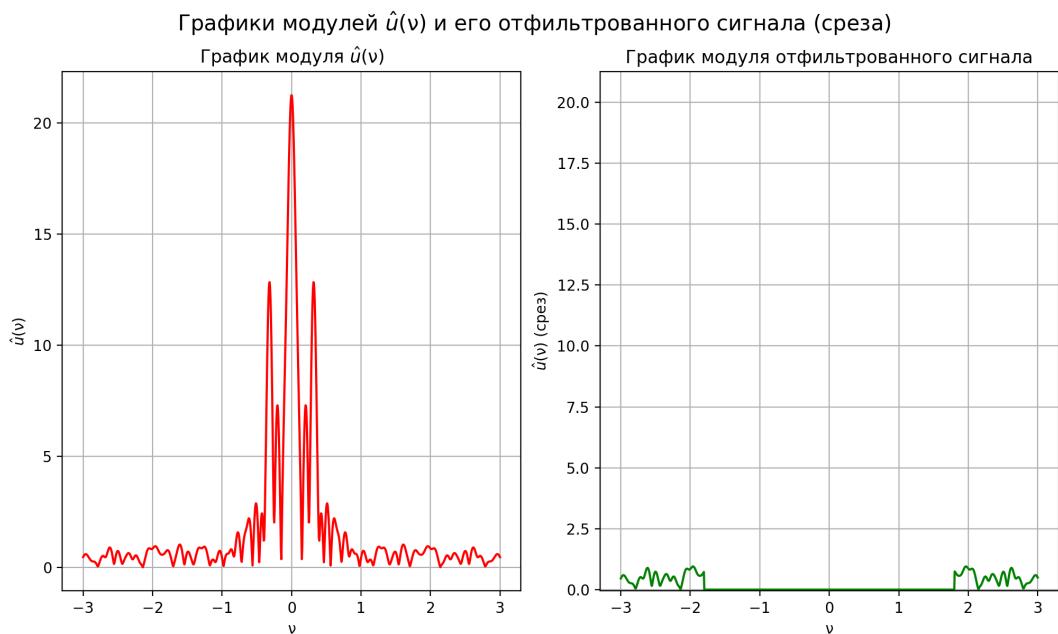


Рис. 70: Графики модулей Фурье-образа  $u(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 1.8$  Гц

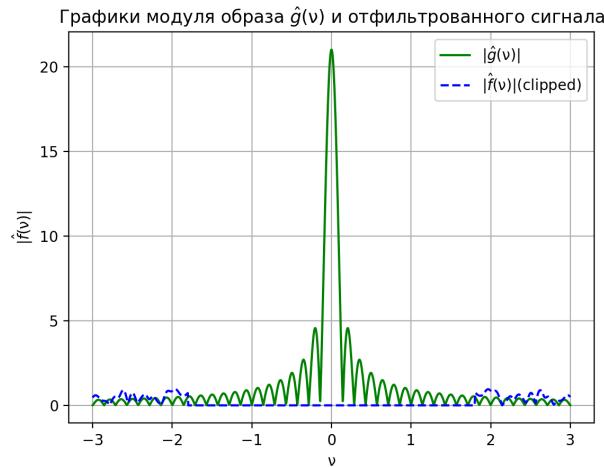


Рис. 71: Сравнительные графики модулей Фурье-образа  $g(t)$  и отфильтрованного сигнала при  $\nu_0 = 1.8$  Гц

Каждый раз мы берём всё более высокую частоту среза. Посмотрим, как это отразиться на фильтрации:

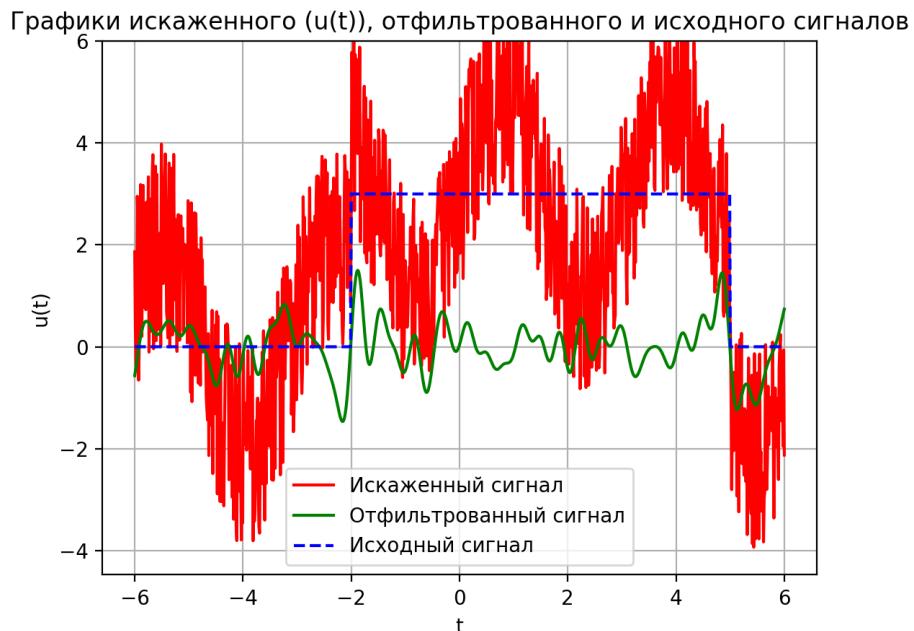


Рис. 72: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $\nu_0 = 0.4$  Гц

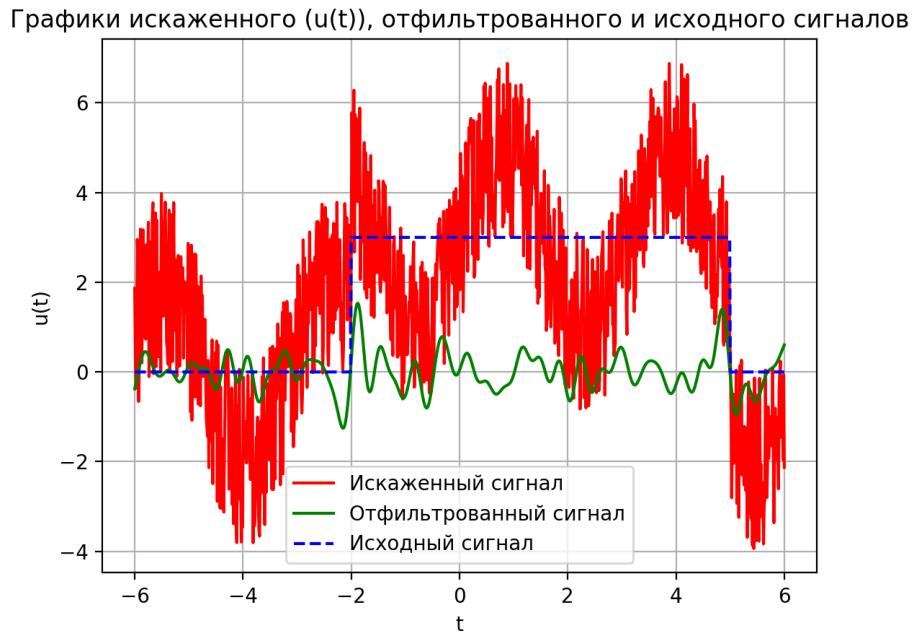


Рис. 73: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $\nu_0 = 0.6$  Гц

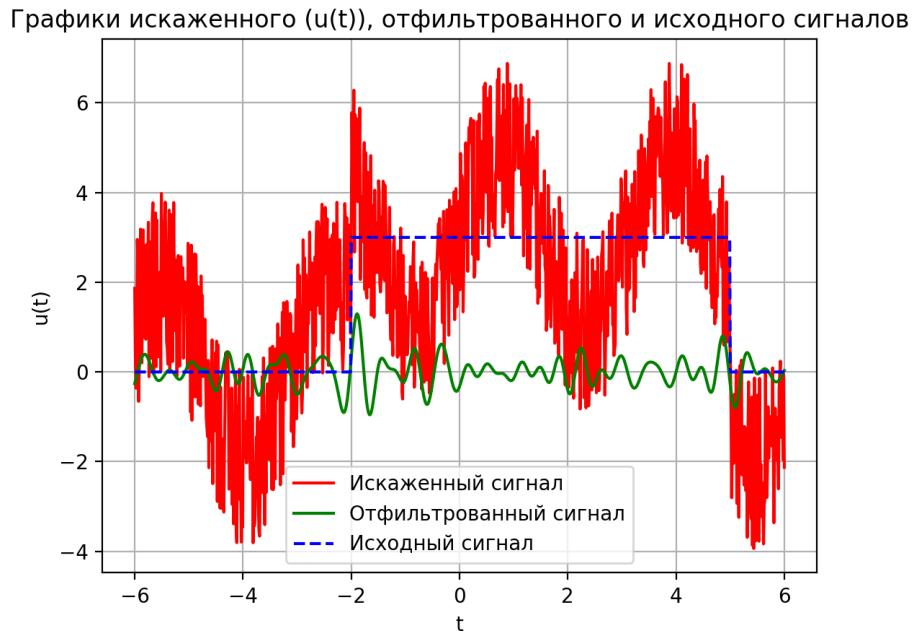


Рис. 74: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $\nu_0 = 1.2$  Гц

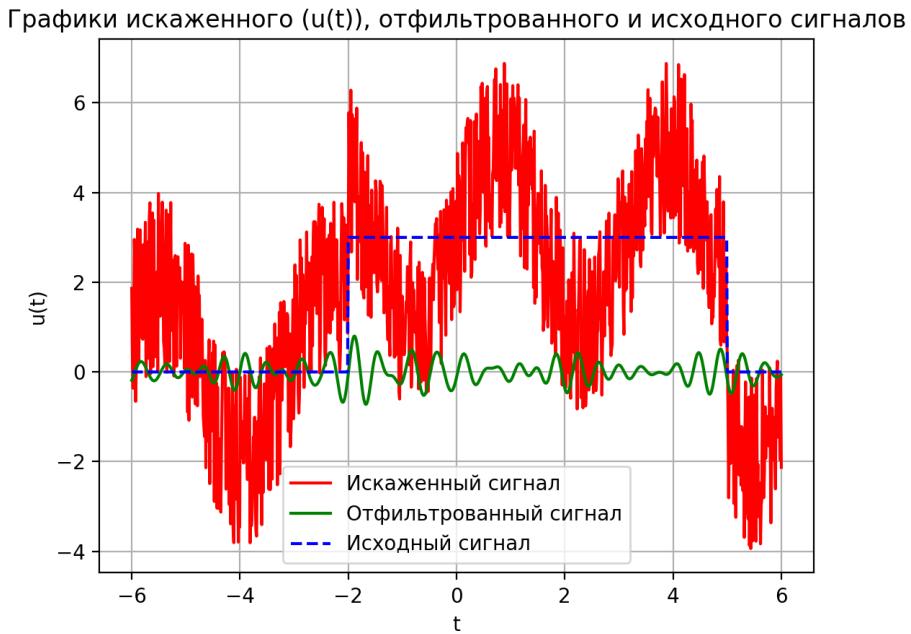


Рис. 75: Графики  $u(t)$ , отфильтрованного и исходного сигналов при  $\nu_0 = 1.8$  Гц

Во всех случаях у отфильтрованного сигнала отсутствуют характерные для  $g(t)$  скачки в точках разрыва. При увеличении частоты разреза  $\nu_0$  колебания сигнала становятся похожи на синусоидальные, хаотический шум становится менее заметным, а амплитуда отфильтрованного сигнала становится меньше.

Это происходит из-за исключения низких частот, которые играют важную роль в исходном сигнале. При дальнейшем увеличении частоты среза мы оставляем компоненты, вклад которых не столь существенен, поэтому мы получаем графики с увеличенной частотой и уменьшенной амплитудой.

## 2. Задание 2. Фильтрация звука

### 2.1. Очищаем сигнал

Итак, для начала строим график исходного сигнала:

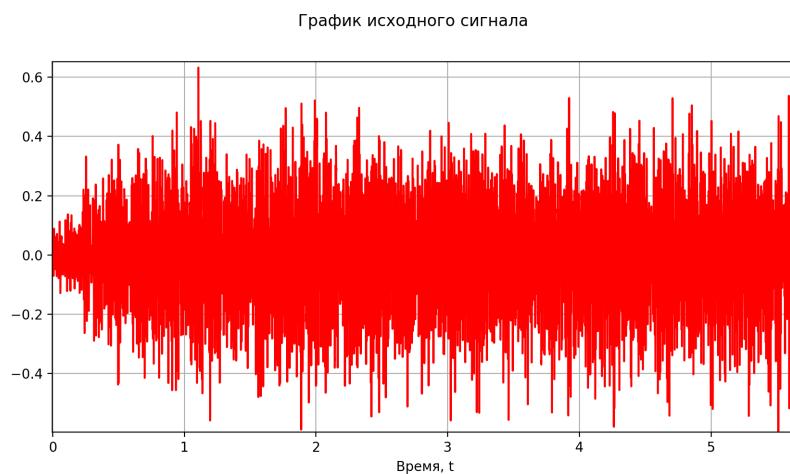


Рис. 76: График исходной звуковой волны

Довольно много шума, согласны? Поэтому переходим к Фурье-образу нашей аудиозаписи (в данном задании использовалось Фурье-преобразование по угловой частоте):

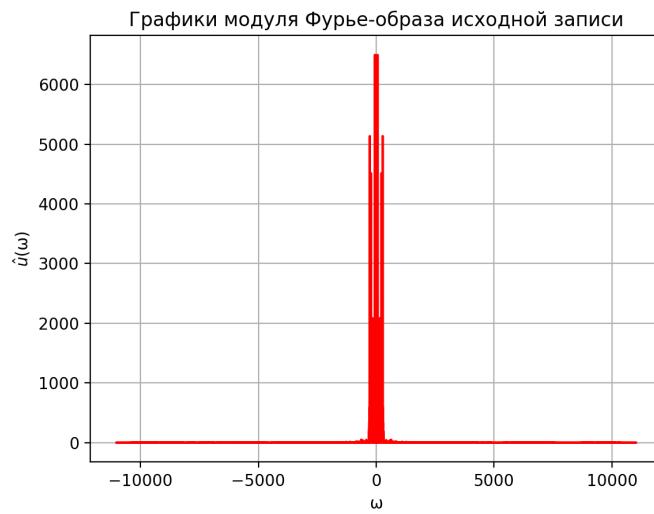


Рис. 77: График модуля Фурье-образа исходной волны

Очевидно, что для анализа нам нужно рассмотреть график на промежутке  $\omega \in [-400, 400] \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ :



Рис. 78: График модуля Фурье-образа исходной волны на промежутке  $\omega \in [-400, 400] \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

При прослушивании аудиозаписи были замечены 2 вида шума: гул (низкочастотный шум) и щебетание птиц (высокочастотный шум). Для начала разберёмся с первыми помехами. Попробуем обнулить все частоты в диапазоне  $\omega \in [-300, 300] \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Для исключения птичьего щебетания эмперическим путём было выявлено, что нужно отбросить все частоты выше  $4500 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Полученные графики:

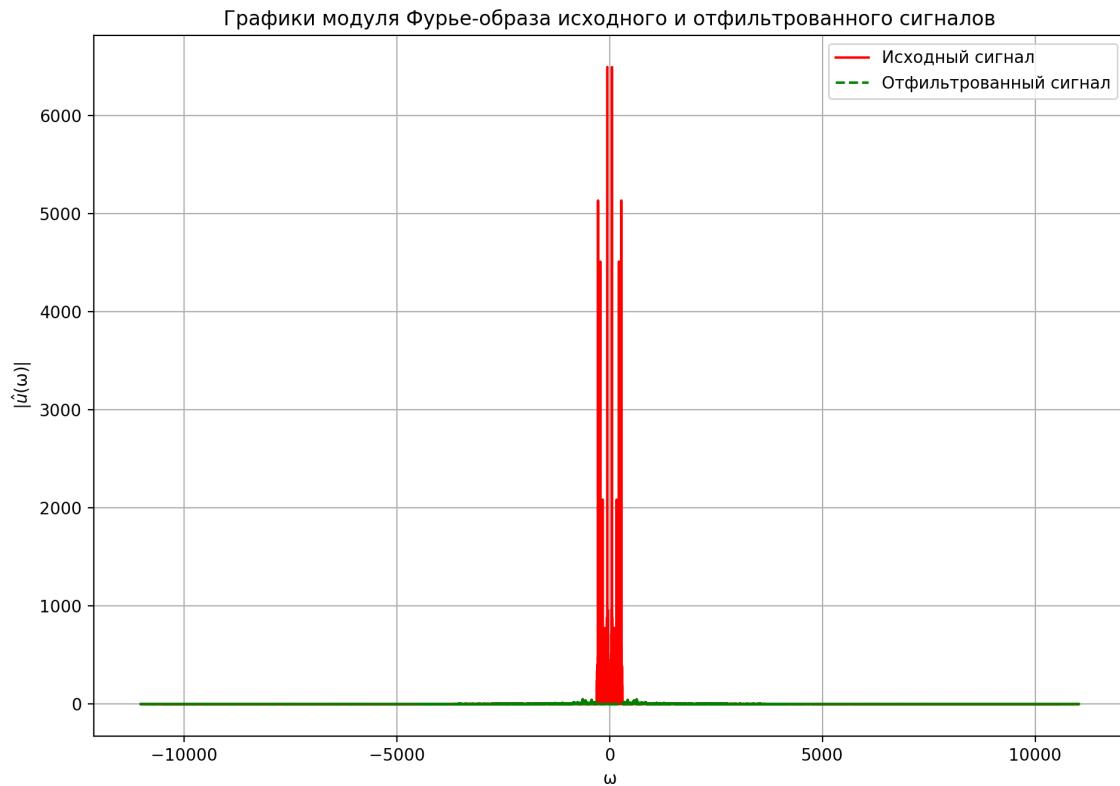


Рис. 79: Сравнительные графики модулей Фурье-образов исходной и отфильтрованной аудиозаписей



Рис. 80: Графики модулей Фурье-образов исходной и отфильтрованной аудиозаписей на промежутке  $\omega \in [0, 5000]$   $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$

## 2.2. Наслаждаемся результатом!

В результате мы получили аудиозапись (ссылка), на которой отчётливо слышен голос и отсутствуют вышеупомянутые шумы.

График фильтрованной функции:

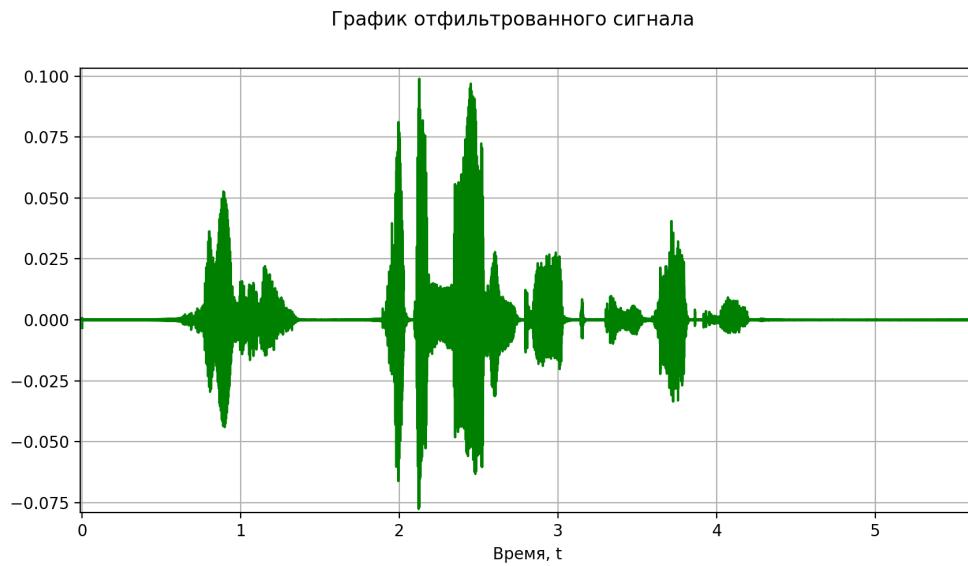


Рис. 81: График отфильтрованной звуковой волны

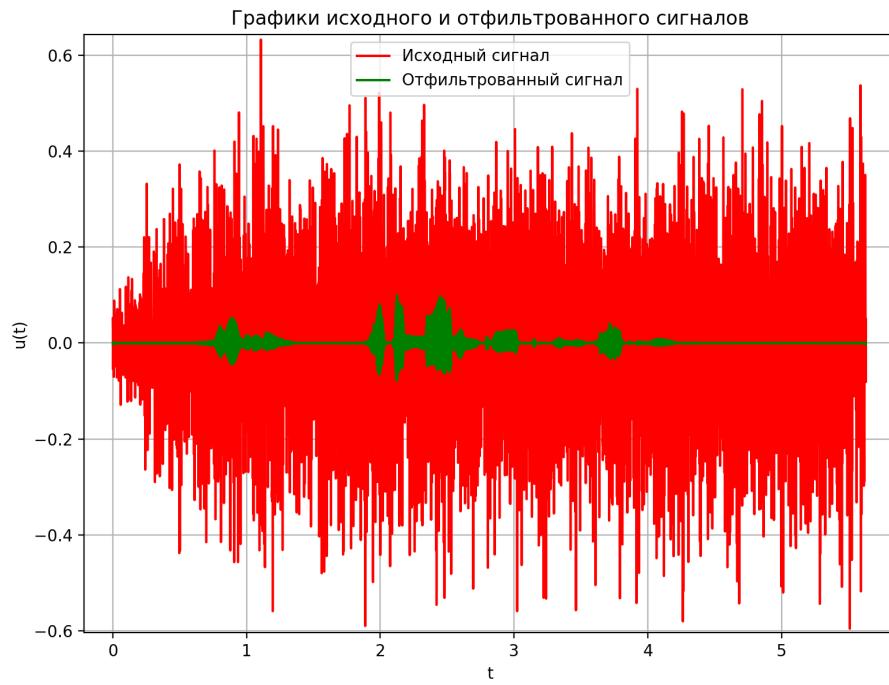


Рис. 82: Графики исходной и отфильтрованной звуковых волн