

П. В. Рудак, инженер; А. П. Фридрих, канд. техн. наук, доцент; И. И. Бавбель, инженер

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ КОНЦЕВЫМ ФРЕЗЕРНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

At this article elements of a technique of performance of experimental researches of process cutting plane wood materials trailer milling for receptions of exact representations about process of cutting of wood and wood materials are considered.

Experimental researches of processes of cutting of wood and wood materials are directed on revealing of laws of influence of entrance variables parameter process on the target characteristic (a so-called estimated parameter).

The data which fix on experimental installation it is necessary to subject filtrations.

The purpose of work is performance of a filtration, and, further, performance of the frequency and spectral analysis of signal experimentally received from the registrar.

Введение. Обработка древесностружечных плит (ДСтП) резанием является распространенным процессом, изученным, тем не менее, недостаточно. Поэтому его теоретические и экспериментальные исследования представляют практический интерес.

Большое значение имеет разработка рациональных режимов резания ДСтП концевым фрезерным инструментом, который широко используется для обработки боковой поверхности и раскроя плит, в том числе и на деревообрабатывающих центрах с числовым программным управлением (ЧПУ).

На деревообрабатывающем станке режим резания охватывает совокупность условий реализации процесса резания древесины или древесного материала [1].

Под оптимальным подразумевают такой режим резания, при котором достигается наилучшее сочетание его физико-механических параметров.

Экспериментальные исследования процессов резания древесины и древесных материалов направлены на выявление закономерностей влияния входных переменных факторов процесса на выходную характеристику (так называемый оценочный показатель). Знание этих закономерностей позволяет оценивать интенсивность влияния входных переменных, что может быть использовано для управления процессом резания и эффективного достижения поставленных целей.

Задачей экспериментальных исследований является получение в явном виде математических уравнений типа $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где y – оценочный показатель, представляющий собой функцию независимых входных переменных x . Уравнение приведенного типа, по структуре близкое к функционально-аналитическому, называют функциональным или регрессивным, а также уравнением регрессии.

Получить необходимые данные, позволяющие вскрыть механизмы явлений, происходящих в процессе резания, и выполнить теорети-

ческие обобщения позволяет традиционный (классический) однофакторный эксперимент. В процессе проведения такого эксперимента выполняют варьирование одного переменного фактора при неизменных остальных, и далее следует анализ полученных результатов [2].

Зачастую для сокращения количества необходимых опытов используют математическое планирование эксперимента (на основании математической теории планирования). Исследователь получает возможность при неполном знании сущности процесса выбрать оптимальный план экспериментирования и получить математическое описание процесса, необходимое для его оптимизации и управления [3].

Опыты по исследованию процессов резания древесины и древесных материалов, как правило, проводят на экспериментальных установках, основные требования к которым могут быть сформулированы следующим образом [4]:

- исследования обработки древесных материалов на режимах, близких к промышленным;
- регулирование режимов процесса резания осуществляется с широким диапазоном варьирования переменных факторов;
- возможность измерения силовых показателей процесса резания;
- минимальная инерционность системы, реагирующей на рабочие усилия;
- удобство эксплуатации, безопасность в работе и удаление стружки в процессе работы;
- надежность, достаточная жесткость и точность функциональных узлов.

На кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОС и И) БГТУ создана экспериментальная установка для исследования процессов резания древесины и древесных материалов. Основой данной экспериментальной установки служит часто применяемый на деревообрабатывающих предприятиях обрабатывающий центр с ЧПУ ROVER B 4.35 (рис. 1).

На столе обрабатывающего центра жестко закреплена платформа с универсальным динамометрическим мостом (УДМ-1200). В преде-

лах базы УДМ-1200 устанавливается обрабатываемая заготовка (рис. 2).



Рис. 1. Деревообрабатывающий центр с ЧПУ ROVER B 4.35

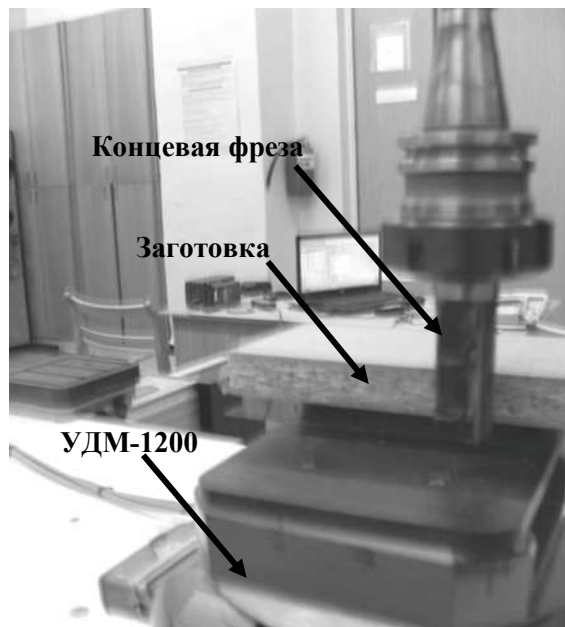


Рис. 2. Заготовка, обрабатываемая в пределах базы УДМ-1200

Регистрирующий прибор – тензометрическая измерительная система EX-UT10 с i.Link интерфейсом (фирма SONY), опрашивает тензодатчики УДМ и позволяет определять усилия по трем взаимно перпендикулярным направлениям (ось X (направлена по ходу подачи), ось Y и ось Z), возникающие в зоне резания, а также величину момента в горизонтальной плоскости XY. Универсальный динамометрический мост УДМ-1200 отгарирован при помощи образцового динамометра, прошедшего поверку в РУП «БелГИМ и С».

Пример данных в графическом виде, получаемых на экране компьютера, соединенного с регистрирующим прибором, показан на рис. 3.

Эти данные содержат шумы различного происхождения [5], [6] (рис. 4).

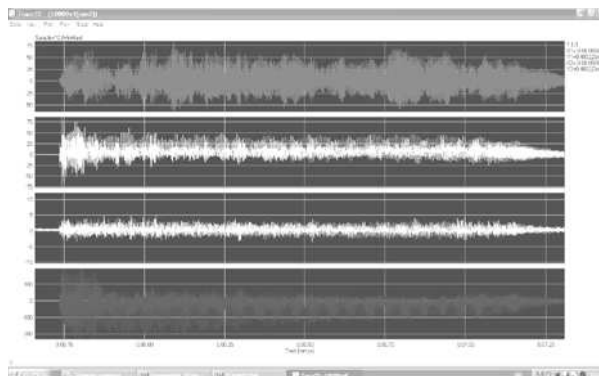


Рис. 3. Пример данных опроса УДМ-1200 по четырем каналам

УДМ

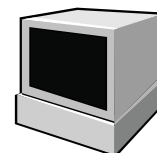


Рис. 4. Воздействие электромагнитных помех на измерительную систему

Поэтому для получения точных представлений о процессе резания древесины и древесных материалов фиксируемые данные необходимо подвергнуть фильтрации [7], [8].

Цель работы – выполнение фильтрации и далее – выполнение частотного и спектрального анализа, экспериментально полученного от регистратора сигнала.

1. Способы фильтрации сигналов. Фильтры сигналов классифицируют на фильтры низких частот (ФНЧ), фильтры высоких частот (ФВЧ), полосовые фильтры и режекторные фильтры [9]. Кроме того, различают аналоговые фильтры (на основе аналоговых дискретных компонентов) и цифровые фильтры (рис. 5).

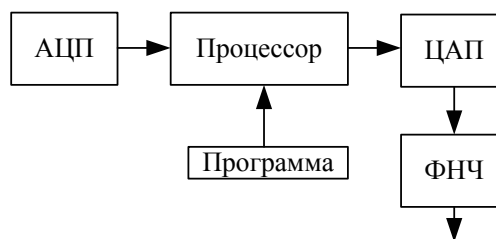


Рис. 5. Принцип цифровой фильтрации

Для получения характеристики, близкой к идеальной, последовательно соединяют определенное количество N фильтров, образуя фильтр N -го порядка [10] (рис. 6).

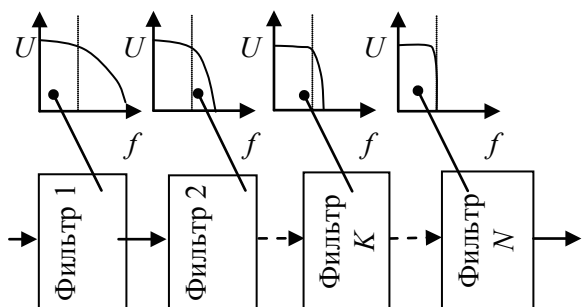


Рис. 6. Структура фильтра N -го порядка и его АЧХ

Реализация такого фильтра традиционным аналоговым способом требует разработки сложной и дорогостоящей электронной схемы.

Поскольку регистрирующий прибор выдает оцифрованные данные, то рационально использовать цифровые способы фильтрации сигналов.

Цифровые способы фильтрации сигналов разделяют на математический (рис. 7), спектральный и периодически повторяющийся полезный сигнал с помощью усреднения накопленных значений [11], [12].

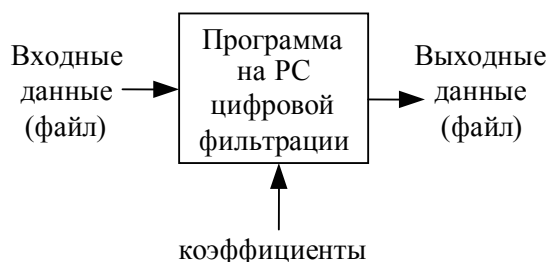


Рис. 7. Математическая цифровая фильтрация сигнала

Спектральный метод цифровой фильтрации сигнала заключается в вычитании из спектра сигнала спектра шума с целью получения полезного сигнала [13], [14].

2. Анализ данных эксперимента. На экспериментальной установке концевой фрезой $\varnothing 21$ мм обрабатывалась боковая сторона заготовки ДСтП толщиной 25 мм (двухсторонняя отделка). Снимался припуск в 5 мм и по регистрирующему прибору фиксировались данные при частоте опроса 16384 Гц. Частота вращения фрезы 1000 мин^{-1} , толщина стружки 0,3 мм. Полученные данные подвергались дальнейшей обработке при помощи цифрового запоминающего осциллографа TEKTRONIX TDS 2024В.

На рис. 8 показан исходный (зашумленный) сигнал по оси X , выведенный с регистрирующего прибора на экран ЭВМ (PC), а на рис. 9 –

отображение сигнала, переданного на запоминающий осциллограф.

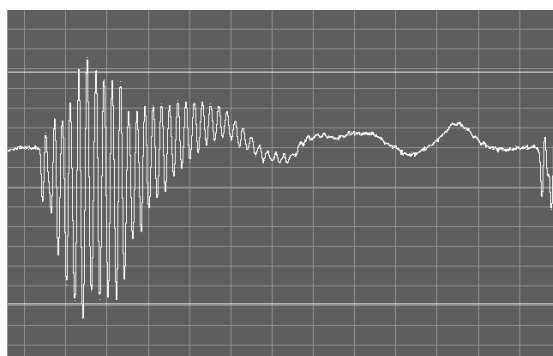


Рис. 8. Исходный сигнал по оси X (16384Гц / 16 бит)

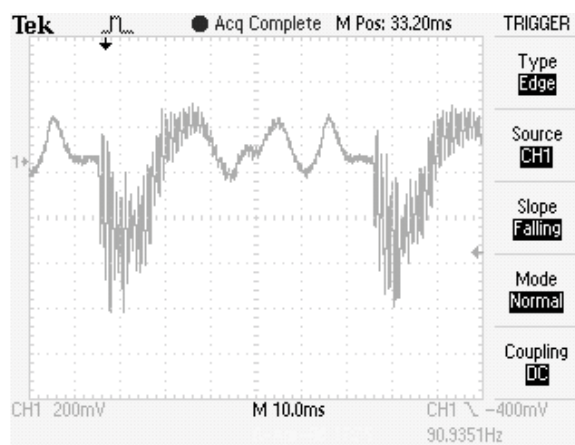


Рис. 9. Отображение сигнала по оси X на экране запоминающего осциллографа

Далее встроенными функциями запоминающего осциллографа сигнал обрабатывался. На рис. 10 представлено отображение сигнала с накоплением 128 картин повторений (сэмплов).

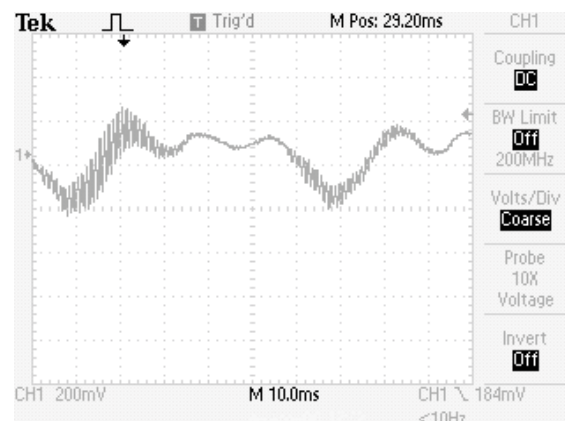


Рис. 10. Отображение сигнала по оси X с накоплением 128 сэмплов

Выполнен спектральный анализ сигналов по осям OX , OY , OZ .

Спектральное представление сигнала по оси OX представлено на рис. 11.

Выполнен частотный анализ отфильтрованного сигнала (рис. 12, 13).

На основании спектрального анализа делаем вывод о том, что полоса частот полезного сигнала составляет 2 кГц. Это дает возмож-

ность для фильтрации сигнала, полученного от измерительной системы экспериментальной установки, применять цифровой фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр).

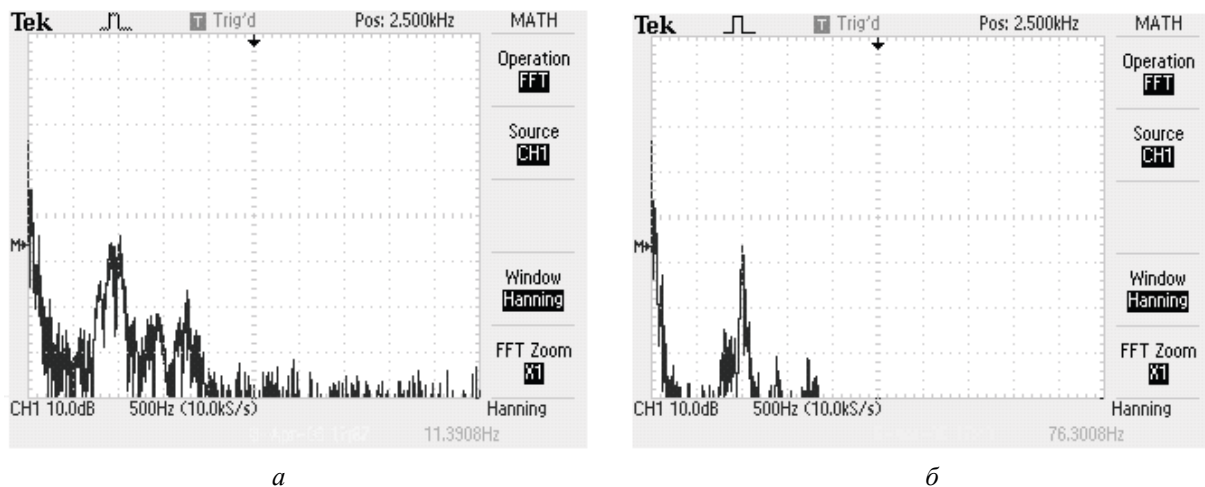


Рис. 11. Спектральное представление сигнала по оси $X(a)$ и спектральное представление отфильтрованного сигнала по оси $X(b)$

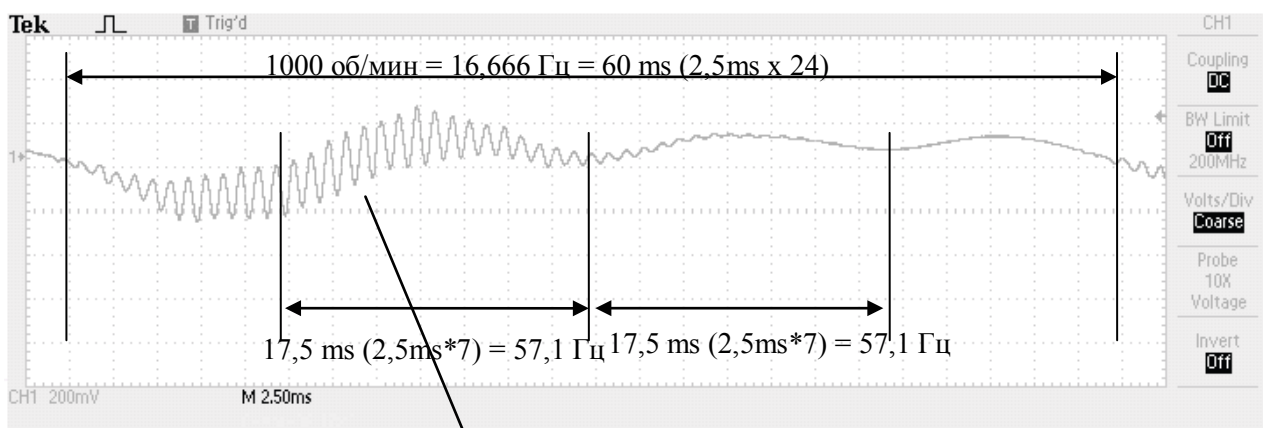


Рис. 12. Колебания по оси X за один полный оборот фрезы

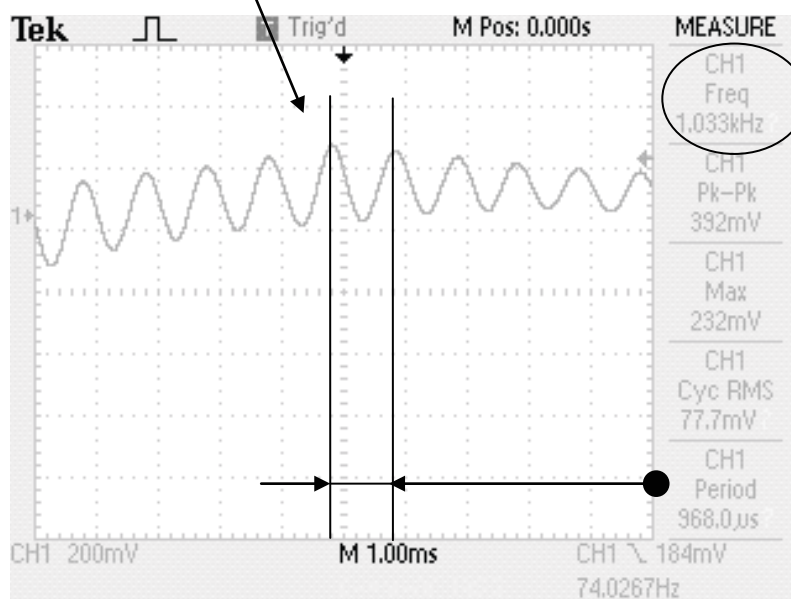


Рис. 13. Высоочастотная составляющая сигнала по OX

Амплитудно-частотная характеристика подобного фильтра показана на рис. 14.

Таким образом, одна из возможных методик обработки сигнала, получаемого от измерительной системы экспериментальной установки, может быть следующая (рис. 15).

Сигнал, записанный программным обеспечением тензометрической измерительной системы EX-UT10 в виде файла с расширением «.mxh», передается на обработку цифровым фильтром с конечной импульсной характеристикой.

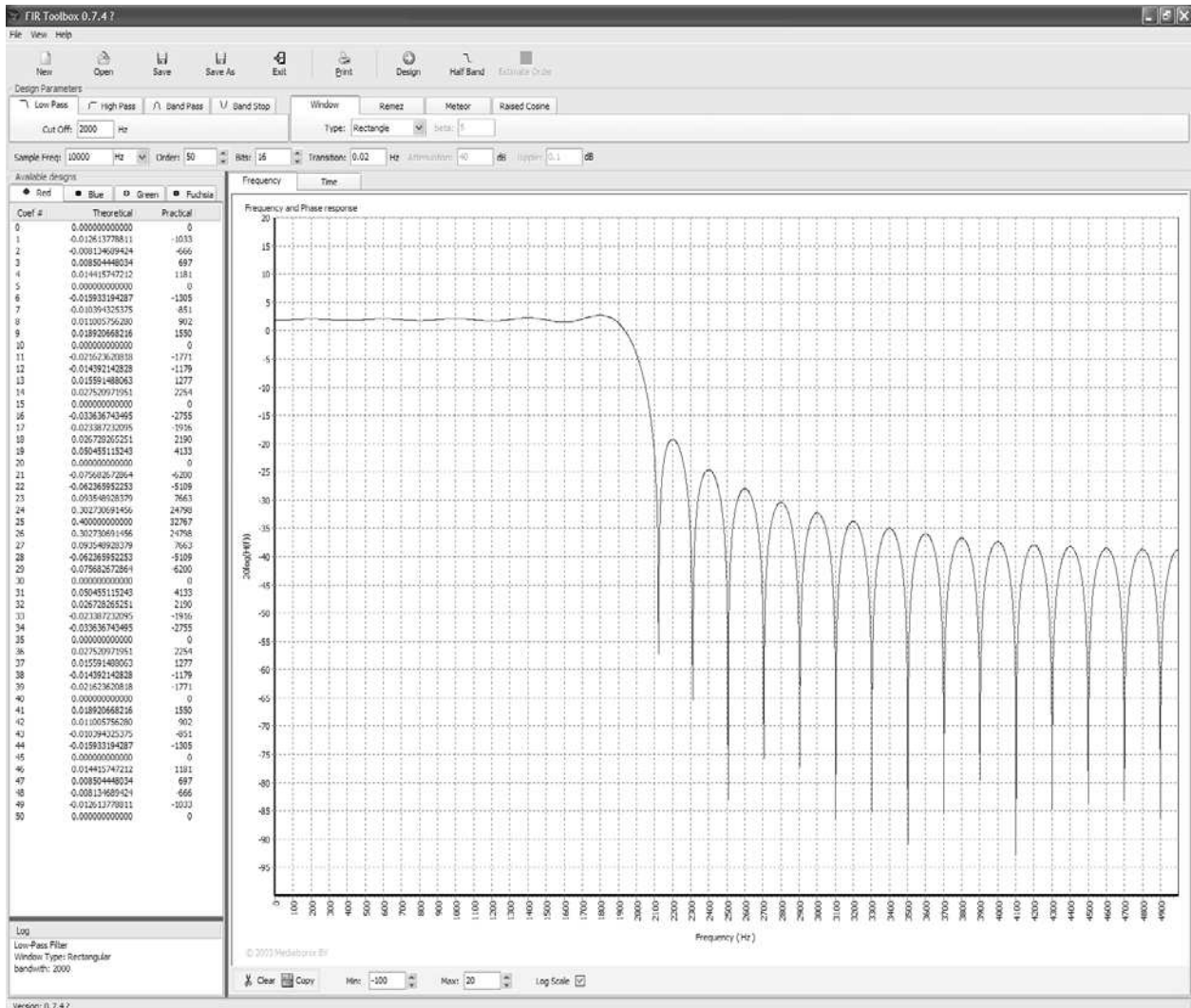


Рис. 14. Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра с частотой среза 2 кГц

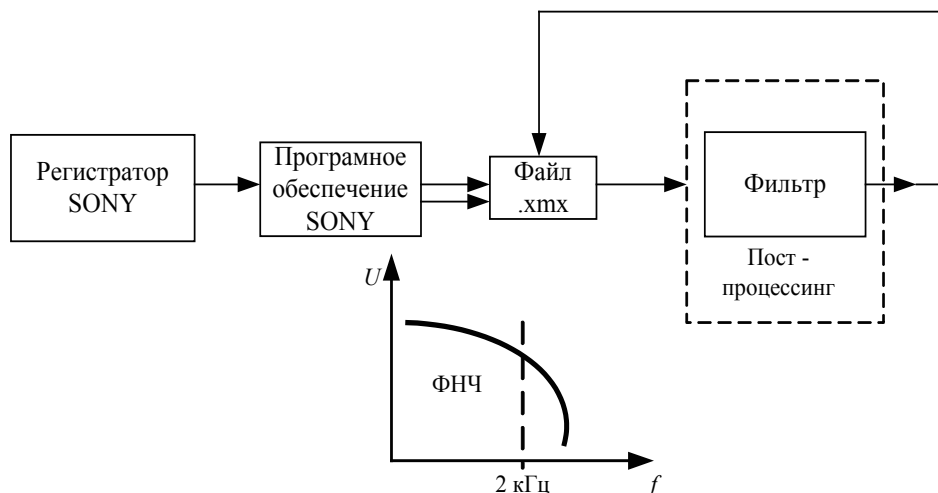


Рис. 15. Возможный способ фильтрации сигнала, полученного от измерительной системы

После фильтрации сигналу вновь присваивают расширение «хпх» и в оттарированных осях программного обеспечения измерительной системы по отфильтрованному сигналу получают значения составляющих сил резания.

Для реализации данного алгоритма может быть создано программное обеспечение, которое ускорит процесс обработки экспериментальных данных.

Заключение. В процессе фрезерования происходит постоянное изменение мгновенной толщины стружки, кроме того, данный вид обработки характеризуется прерывистостью резания. Эти особенности приводят к колебаниям силы резания, вызывают вибрации, негативно отражающиеся на качестве обработанной поверхности, сокращающие стойкость режущих элементов.

При обработке боковой поверхности ДСтП концевым фрезерным инструментом сила резания достигает наибольших значений на частоте его вращения. Это связано с наличием биения концевой фрезы.

Для получения корректных данных сигнал следует фильтровать цифровым способом – фильтрации, выделением периодически повторяющегося полезного сигнала с помощью усреднения накопленных значений.

На основании частотного анализа найдена низкочастотная составляющая сигнала – около 16,7 Гц, что соответствует частоте вращения инструмента при проведении опыта. Высоко-частотная составляющая – 1,033 кГц.

Спектр шума находится выше 2 кГц, таким образом, для фильтрации сигнала, получаемого от измерительной системы экспериментальной установки, в рассматриваемом случае следует применять фильтр низких частот с частотой среза 2 кГц.

Разработанная методика позволяет обоснованно выбирать параметры процесса фильтрации сигнала от измерительной системы экспериментальной установки, обеспечивает получение достоверных результатов при экспериментальных исследованиях процесса резания ДСтП концевым фрезерным инструментом.

Литература

1. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. для вузов /

В. И. Любченко. – М.: Московский гос. ун-т леса, 2002. – 310 с.

2. Леонтьев, Н. Л. Техника статистических вычислений / Н. Л. Леонтьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 251 с.

3. Пижурич, А. А. Современные методы исследования технологических процессов в деревообработке / А. А. Пижурич. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 248 с.

4. Манжос, Ф. М. Методология и унифицированное экспериментальное оборудование для исследования процессов резания древесных материалов / Ф. М. Манжос, Н. А. Кряжев, Ю. А. Цуканов // Рефераты до кладов МЛТИ. – М., 1965. – С. 27–31.

5. Сизиков, В. С. Устойчивые методы обработки результатов измерений: учеб. пособие / В. С. Сизиков. – СПб.: СпецЛит, 1999. – 240 с.

6. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. для вузов / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.

7. Основы цифровой обработки сигналов: курс лекций / А. И. Солонина [и др.]. – 2-е изд., испр. и перераб. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 768 с.

8. Оппенгейм, Э. Применение цифровой обработки сигналов / Э. Оппенгейм; пер. с англ.; под ред. А. М. Рязанцева. – М.: Мир, 1980. – 267 с.

9. Богнер, Р. Введение в цифровую фильтрацию / Р. Богнер, А. Константиносидис; пер. с англ.; под ред. Л. И. Филиппова. – М.: Мир, 1976. – 216 с.

10. Зааль, Р. Справочник по расчету фильтров / Р. Зааль; пер. с нем. Ю. В. Камкина; под ред. Н. Н. Слепова. – М.: Радио и связь, 1983. – 752 с.

11. Хемминг, Р. В. Цифровые фильтры / Р. В. Хемминг; пер. с англ. В. И. Ермишина; под ред. А. М. Трахтмана. – М.: Советское радио, 1980. – 221 с.

12. Гольденберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.

13. Лукин, А. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы) / А. Лукин. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 44 с.

14. Солонина, А. И. Алгоритмы и процессы цифровой обработки сигналов: учеб. пособие / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев. – СПб.: БХВ – Петербург, 2002. – 464 с.