

# Проектирование информационно-управляющей системы анализа статистических данных функционирования производственной системы

Елизавета Каширская, Елена Воробьева

Данная статья посвящена статистическому анализу информации о функционировании производственной системы на примере технологического процесса круглого шлифования методом врезания.

## Введение

В данной работе рассматривается статистический анализ данных о функционировании производственной системы. В качестве примера системы взят технологический процесс круглого шлифования методом врезания, который, в основном, используется для финишной обработки изделий цилиндрической и конической форм. Статистический анализ предполагает сбор статистической информации о процессе (а также разработку метода сбора), проведение статистической обработки для выявления закономерностей процесса, получение ряда выводов для дальнейшего прогнозирования. Данная работа будет касаться только обработки и анализа уже собранных данных.



Рис. 1. Оциллограмма, отражающая процесс шлифования



Рис. 2. Данные об отклонении обработанной шлифованием детали от круглой формы, полученные в виде круглограммы

## Основная часть

Шлифование представляет собой процесс обработки заготовок резанием, когда для придания заготовке формы или для финишной обработки снимается стружка с помощью инструмента, содержащего в себе абразивные частицы. При круглом шлифовании работа ведётся с заготовками цилиндрической или конической форм. В качестве инструмента берётся шлифовальный круг. В данной работе рассматривается круглое шлифование методом врезания, при котором совершается несколько видов движений:

1. вращение шлифовального круга, которое является главным движением при резании;
2. вращение заготовки или круговая подача;
3. поперечное перемещение шлифовального круга на заготовку.

При шлифовании методом врезания, в отличие от других видов шлифования, отсутствует продольная подача детали вдоль инструмента. Этого можно

добиться, если высота шлифовального круга будет больше высоты самой заготовки. Обработка заготовок в промышленных условиях происходит с помощью станка. Для круглого шлифования соответственно используется круглошлифовальный станок.

Статистический анализ работы оборудования необходим для анализа произошедших при обработке проблем, для улучшения работы самого оборудования, уменьшения погрешностей обработки. Процесс анализа можно разделить на несколько этапов:

- сбор статистической информации о процессе;
- статистическая обработка собранной информации;
- выявление закономерностей и формирование выводов о процессе;
- далее возможно прогнозирование процесса.

Сбор статистической информации происходил при помощи эксперимента. Для этого был собран экспериментальный стенд, состоящий из круглошлифовального станка, объекта исследования и аппаратуры для сбора информации. Круглошлифовальный станок обрабатывал заготовку заданной формы и размеров с помо-

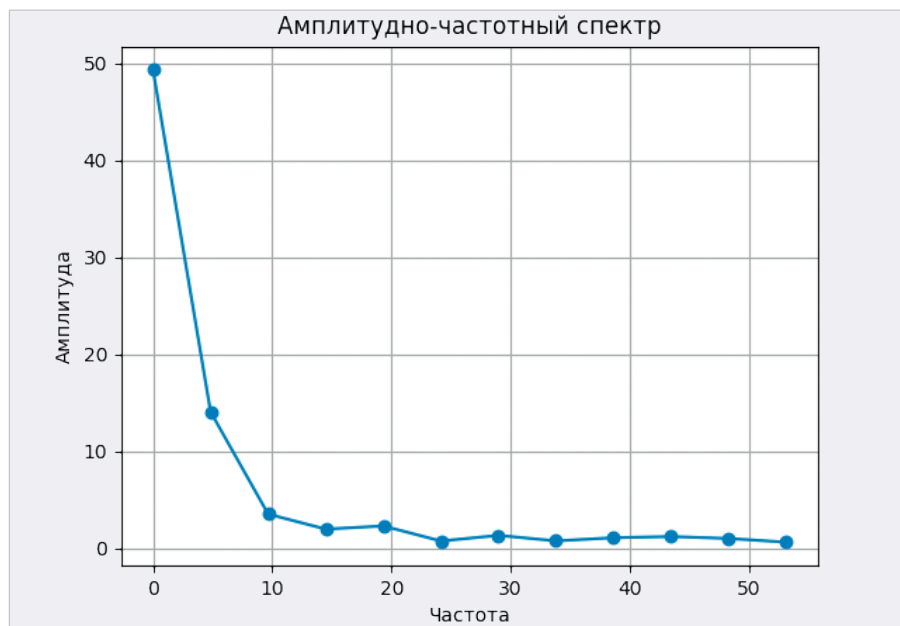


Рис. 3. Результаты гармонического анализа в виде амплитудно-частотного спектра

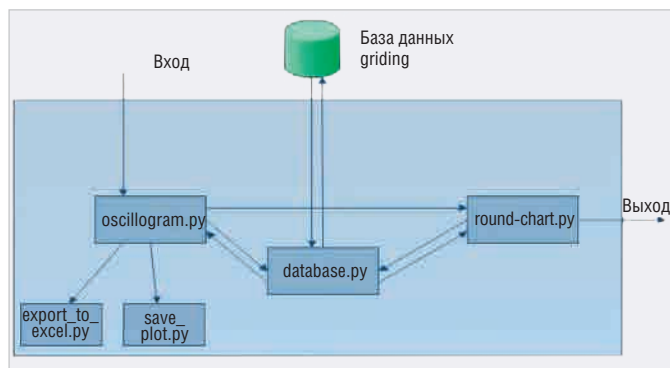


Рис. 4. Функциональная структура полученной программы

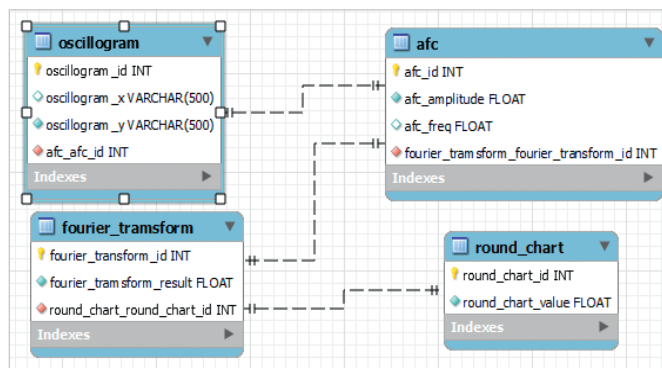


Рис. 5. Функциональная схема базы данных

щью шлифовального круга до необходимой точности. При этом с помощью аппаратуры были записаны данные об относительных вибросмещениях между заготовкой и инструментом. Измерительная цепочка состояла из пьезоэлектрического датчика на входе, виброизмерителя и самописца на выходе. Результатом эксперимента являлась осциллограмма, отражающая процесс шлифования (рис. 1).

Таким образом были обработаны 70 заготовок. После обработки были получены данные об отклонении обработанной шлифованием детали от круглой формы, полученные в виде круглограмм (рис. 2). В данной работе процесс сбора статистической информации не проводился.

С осциллограмм были сняты показания с заданной частотой дискретизации. Для этих данных был проведён гармонический анализ, результатом которого являлся амплитудно-частотный спектр процесса (рис. 3).

Гармонический анализ был проведён программно с помощью библиотеки scipy языка программирования Python. Для анализа использовалась формула преобразования Фурье в комплексном виде:

$$h(\omega) = \int f(t) e^{-2\pi i \omega t} dt.$$

Для анализа круглограмм необходимы значения эксцентриситета заготовки, который был рассчитан экспериментально при помощи оборудования. Помимо этого, были взяты расчётные значения отклонений от круглости, в качестве которых использовались двойные значения амплитуды первой гармоники, полученной при гармоническом анализе. Для этих значений была проведена оценка полученной расчётной модели по критерию Фишера, рассчитанной по формуле:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{on}^2},$$

где  $S_{ad}$  – дисперсия адекватности, показывающая разброс ряда, полученного с помощью расчёта,  $S_{on}$  – дисперсия опыта, показывающая разброс ряда, полученного с помощью опыта.

Полученный критерий сравнивался с табличным значением, которое выбирается в зависимости от доверительной точности оценки  $\gamma$  и от количества степеней свободы для каждого набора данных. Доверительную точность возьмём равной  $\gamma = 0,95$ . Данная точность принята стандартной в научных исследованиях. Количество степеней свободы рассчитано с помощью критерия Стьюдента и равно  $k_1 = 82, k_2 = 82$ . Табличное значение при данных параметрах равно:  $F_{табл} = 1,47$ .

Данные расчёты были проведены с помощью встроенных средств языка программирования Python и дополнительной библиотеки numpy. Помимо модулей расчётов, в работе были также разработаны модули для создания графиков (библиотека matplotlib), для сохранения результатов в файлы Excel (библиотека pandas) и для взаимодействия с базой данных (компонент MySQL connector). Функциональная структура полученной программы представлена на рис. 4.

При запуске программы начинает работу модуль oscillogram.py, который необходим для гармонического анализа осциллограмм. Он взаимодействует с базой данных посредством модуля database.py, который содержит все необходимые функции для подключения к базе и работы с ней. Результаты анализа записываются в базу данных, а также выводятся из программы в виде графиков и таблицы с помощью модулей save\_plot.py и export\_to\_excel.py соответственно. Далее запускается модуль round\_chart.py, который отвечает за обработку

круглограмм и оценку произведённого анализа. На выходе из программы мы получаем вывод об адекватности полученной модели.

База данных используется для хранения начальных данных и результатов анализа. Функциональная схема представлена на рис. 5.

База данных состоит из 4 таблиц.

1. Oscillogram – содержит значения, снятые с осциллограмм в виде пары  $x$  и  $y$ . Каждое значение является массивом значений для одной заготовки.
2. Afc – амплитудно-частотные спектры, полученные при гармоническом анализе. Также являются массивами значений.
3. Fourier\_transform – расчётные значения отклонений от круглости.
4. Round\_chart – экспериментальные значения отклонений от круглости.

### Заключение

В данной статье был рассмотрен технологический процесс круглого шлифования методом врезания. Были рассмотрены особенности статистического анализа и разработана ИУС. По результатам работы программы можно сделать вывод, что анализ данных прошёл успешно. Полученные результаты соответствуют ожидаемым. ИУС работает корректно.

### Литература

1. Ящерицын П.И. Основы резания материалов: учебное пособие / П.И. Ящерицын, В.Д. Евремов. Минск: БГАТУ, 2008. 644 с.
2. Ивченко Г.И. Математическая статистика: учебник / Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. 352 с.
3. Уэс Маккинли. Python и анализ данных / пер. с англ. А.А. Сливкина. М.: ДМК Пресс, 2015. 482 с.