

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Квашнин В. О., Бабаш А. В.**

Приведен анализ ранее разработанных методик определения динамической скоростной характеристики. Выявлены достоинства и недостатки рассмотренных методов определения угловой скорости с использованием импульсного датчика скорости. Приведен разработанный алгоритм. На основе данного алгоритма разработана специализированная программа для расчета динамической скоростной характеристики. Представлена графическая иллюстрация принципа расчета и построения динамической скоростной характеристики. Приведен интерфейс разработанного приложения. Описаны основные возможности разработанного программного продукта. Представлены диаграммы динамических скоростных характеристик первой и второй масс двухмассового стенда для исследований динамических нагрузок.

Наведено аналіз раніше розроблених методик визначення динамічної швидкісної характеристики. Виявлено переваги та недоліки розглянутих методів визначення кутової швидкості з використанням імпульсного датчика швидкості. Наведено розроблений алгоритм. На основі даного алгоритму розроблена спеціалізована програма для розрахунку динамічної швидкісної характеристики. Представлена графічна ілюстрація принципу розрахунку і побудови динамічної швидкісної характеристики. Наведено інтерфейс розробленого додатка. Описано основні можливості розробленого програмного продукту. Представлені діаграми динамічних швидкісних характеристик першої та другої мас двохмасового стенду для досліджень динамічних навантажень.

The analysis of previously developed methods for determining dynamic speed characteristics is given here. The advantages and disadvantages of the considered methods for determining the angular velocity using a tachometer are identified. The developed algorithm is given here. On the basis of this algorithm specialized software for calculating the dynamic speed characteristics has been developed. The graphical illustration of the principle in the calculation and construction of dynamic speed characteristic is given here. The developed application interface is given. The main features of the developed software product are considered. The diagrams of dynamic speed characteristics of the first and second masses stand for dynamic loads of research are given here.

Квашнин В. О.

Бабаш А. В.

канд. техн. наук,  
доц. каф. ЭСА ДГМА  
аспирант каф. ЭСА ДГМА  
tm@dgma.donetsk.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.313

**Квашнин В. О., Бабаш А. В.**

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Определение динамических параметров и характеристик сложных электромеханических систем, необходимых для построения математических моделей, требует определенных средств измерений и методик обработки полученной информации, которые в каждом конкретном случае могут быть оригинальными и иметь свои особенности [1].

В частности, для определения моментов инерции вращающихся частей привода, а также других механических параметров, возникает необходимость в точном определении текущих мгновенных значений скорости электропривода для различных режимов его работы (пуска, наброса нагрузки, торможения и т. д.).

В работах [2, 3] была разработана методика определения динамической скорости электропривода с помощью импульсного датчика скорости (ДС) и обработки полученных данных по полученному на ее основе алгоритму с использованием пакета программ Excel. Существующая методика, к сожалению, не позволяла проводить обработку результатов измерений в более длительном интервале времени и была ограничена выборкой массива не более 65000 числовых значений (возможности электронных таблиц Excel). Это обстоятельство не позволяло проводить точные измерения в более широком интервале времени или диапазоне измеряемых значений.

Разработанная методика в пакете прикладных программ MatLab хотя и давала хорошие результаты, но имела ограниченные возможности. Предлагаемая методика является гибкой, отличается высокой скоростью расчетов и построений графиков переходных процессов. Данная методика реализована в виде отдельного приложения, разработанного в интегрированной среде разработки Delphi, позволяет производить расчеты и построения без каких-либо дополнительных пакетов прикладных программ, таких как Excel и Matlab.

Целью данной работы является разработка алгоритма определения динамической скоростной характеристики на основе существующей методики с использованием среды программирования Delphi.

Для достижения поставленной цели требовалось:

- изучить требования, предъявляемые к процессу измерения скорости в соответствии с целями и задачами проводимых исследований по изучению динамических показателей электромеханических систем, разработать программу обработки полученной информации с датчика скорости на основе созданного алгоритма.

Предлагается два способа цифровой фильтрации графика переходного процесса угловой скорости: с использованием среднеквадратичного и среднеарифметического осреднения. Рассматриваемая методика также позволяет определить среднее арифметическое, квадратичное, гармоническое значения угловой скорости на определенных интервалах работы электродвигателя.

Существует также возможность просмотра, выгрузки массива данных переходных процессов в файл Excel для дальнейшей его обработки. Разработанная методика позволяет устанавливать точность расчета переходного процесса. Для расчета угловой скорости, измеренной при помощи инкрементального энкодера, используются расчетные соотношения для преобразования исходных двоичных массивов данных скорости в читабельные, удобные для восприятия единицы измерения (с-1) [4].

Алгоритм определения динамической скоростной характеристики приведен на рис. 1–5.

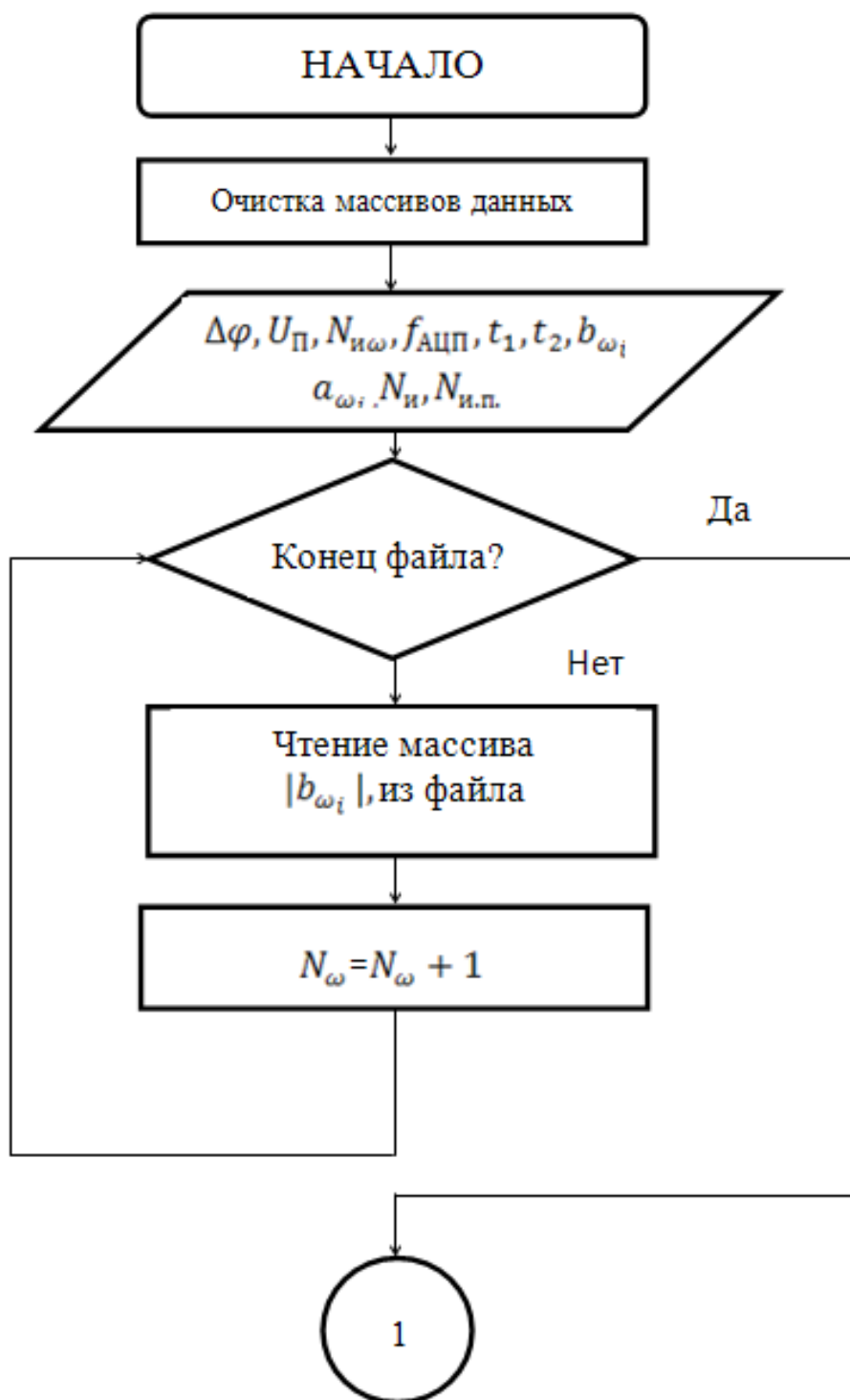


Рис. 1. Алгоритм определения динамической скоростной характеристики (часть 1)

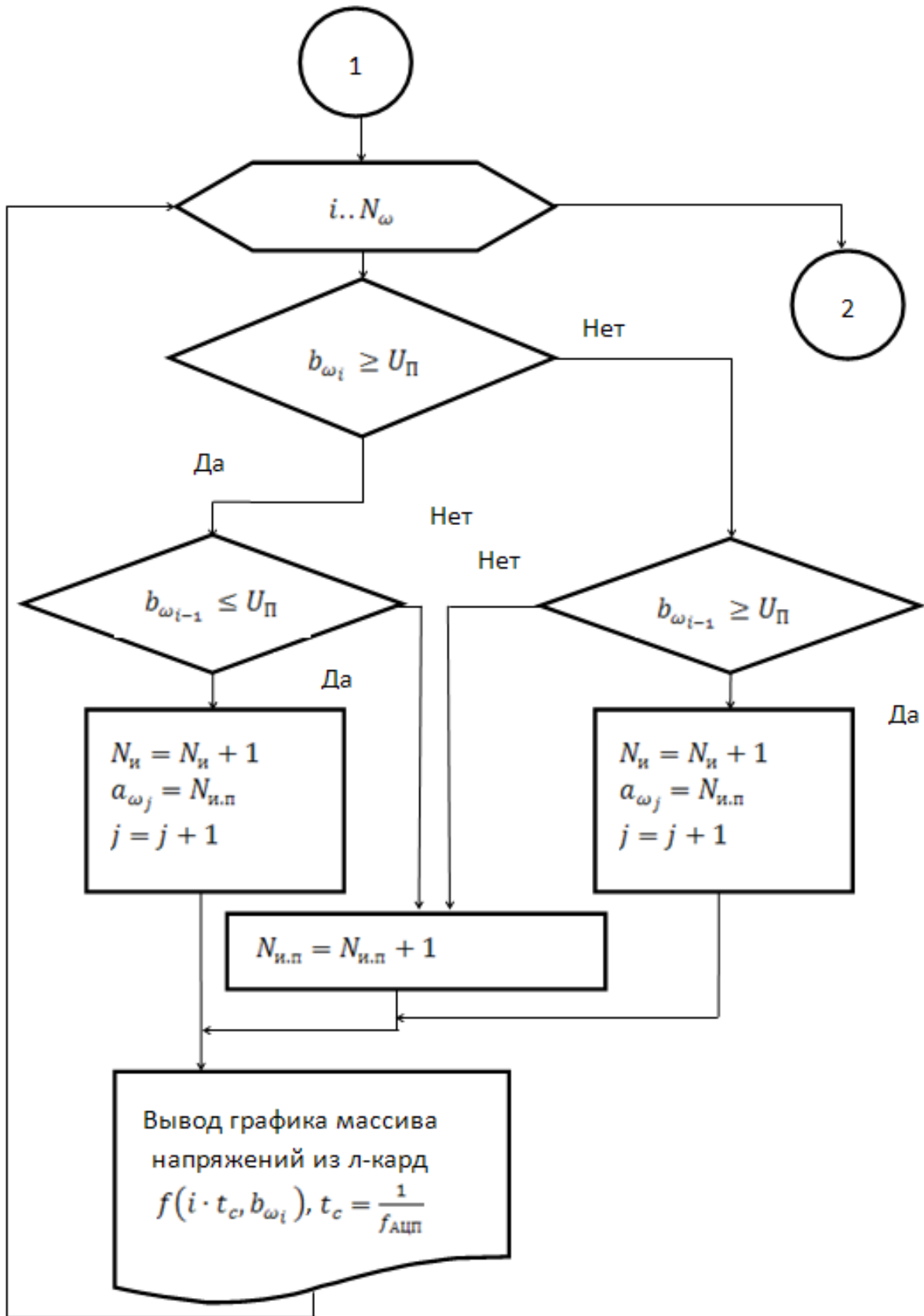


Рис. 2. Алгоритм определения динамической скоростной характеристики (часть 2)



Рис. 3. Алгоритм определения динамической скоростной характеристики (часть 3)

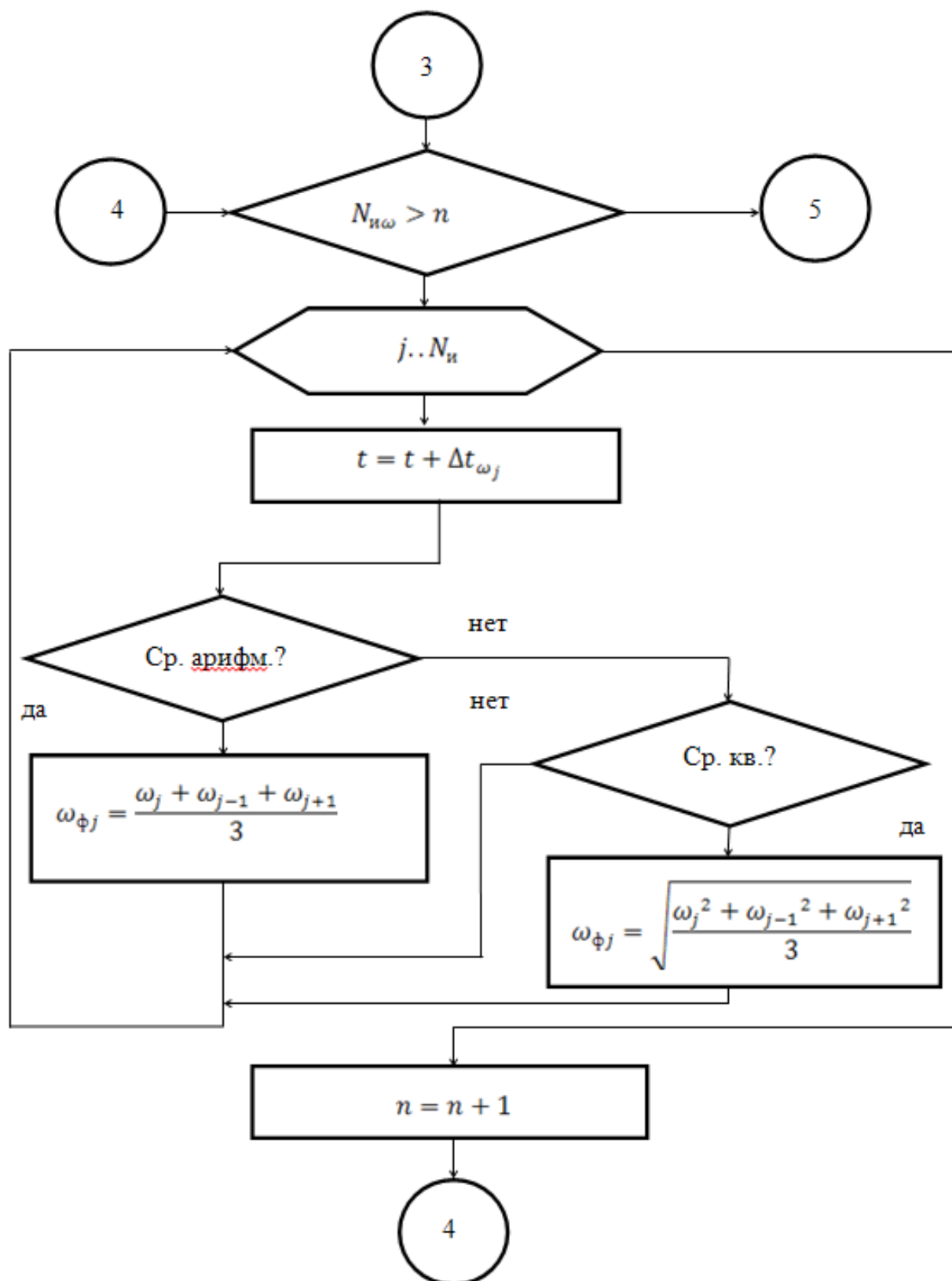


Рис. 4. Алгоритм определения динамической скоростной характеристики (часть 4)

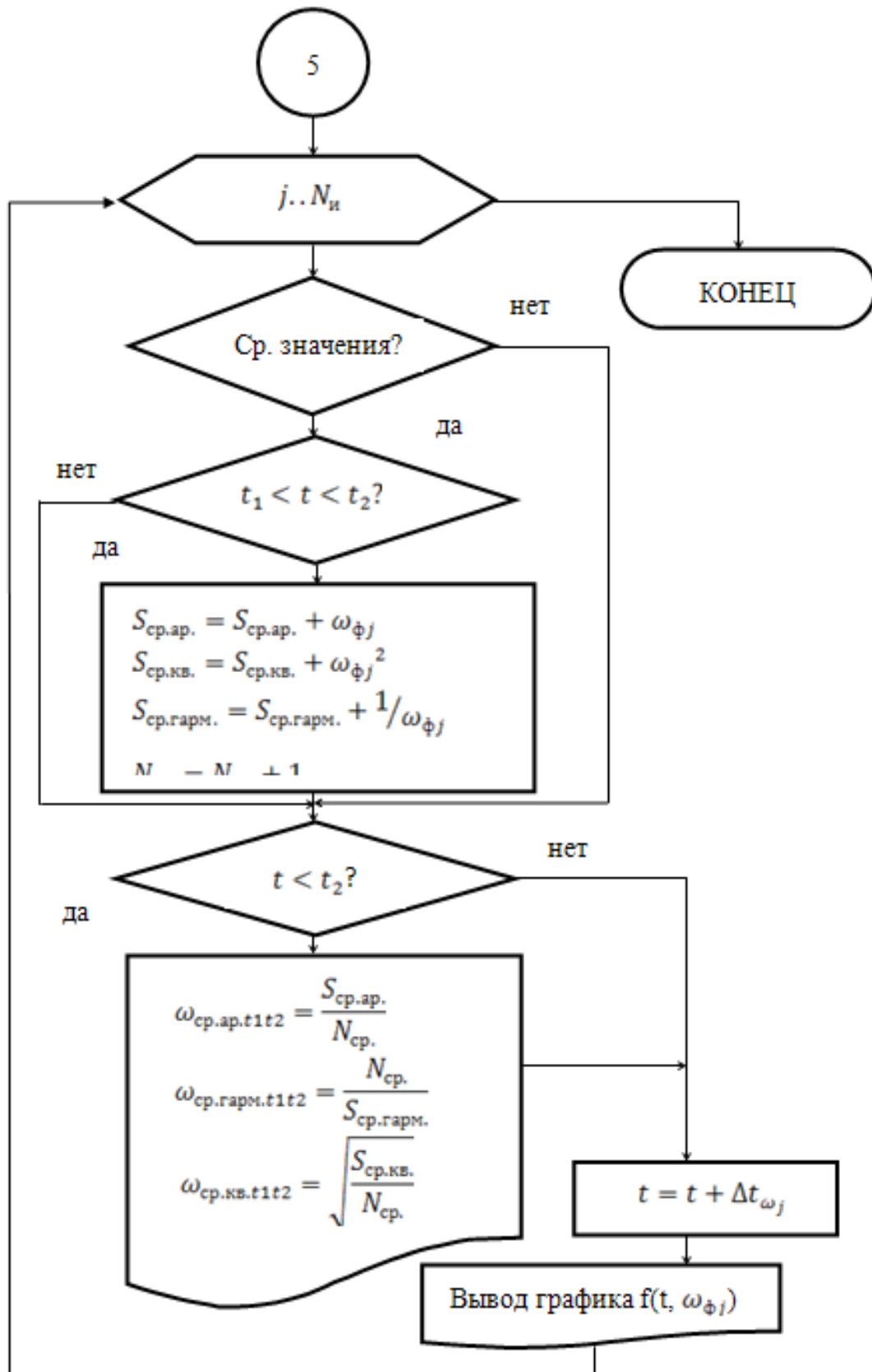
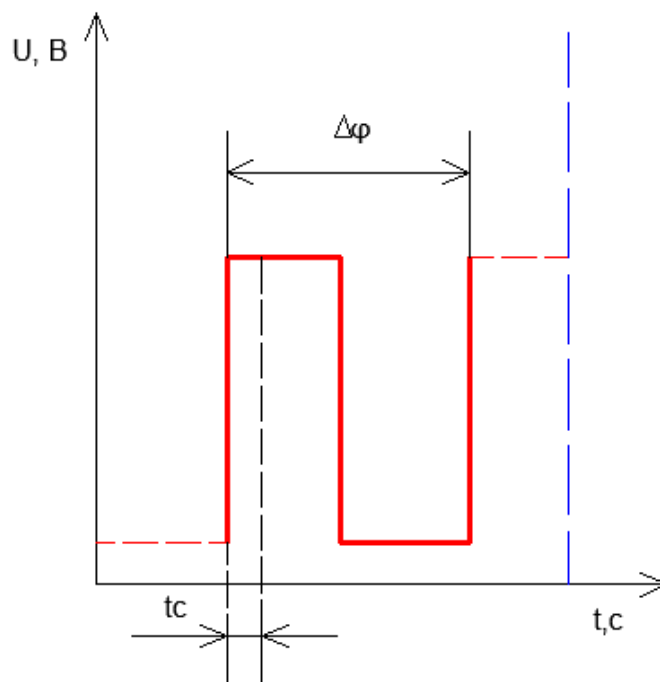
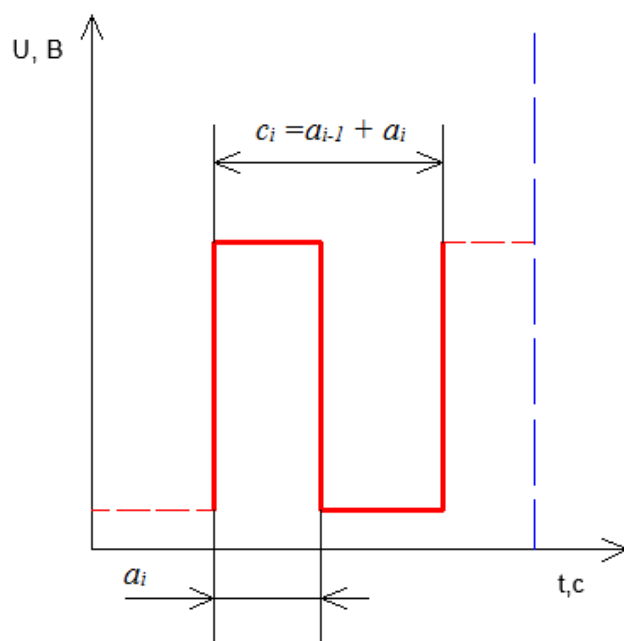


Рис. 5. Алгоритм определения динамической скоростной характеристики (часть 5)

Графическая информация, поясняющая принцип работы разработанной методики, представлена на рис. 6 (а, б).



(а)



(б)

Рис. 6. Расчет текущего значения угловой скорости (а), массивы числа точек опросов АЦП L-Card (б)

Обозначения, используемые в алгоритме расчета угловой скорости:

$\Delta\varphi$  – шаг поворота датчика скорости;

$U_{\Pi}$  – напряжение перехода с «логического нуля» на «логическую единицу» и наоборот;

$b_{\omega_i}$  – массив кодированных сигналов скорости;



$N_{и\omega}$  – заданное число итераций фильтрации скорости;  
 $N_{\omega}$  – число точек двоичного массива данных;  
 $n$  – текущее число итераций фильтрации скорости;  
 $N_{и}$  – количество элементов массива переходов напряжений с низкого на высокий уровень и наоборот;

$N_{и.п}$  – число опросов АЦП в одном переходе напряжения с низкого уровня на высокий и наоборот;

$t_1, t_2$  – границы определения средних величин (среднее арифметическое, гармоническое, квадратичное);

$a_{\omega_1}$  – массив числа импульсов «логического нуля» или «логической единицы»;

$t_c = \frac{1}{f_{АЦП}}$  – период опроса АЦП Л-Кард;

$f_{АЦП}$  – частота опроса АЦП Л-Кард.

Для демонстрации функциональности данной методики было разработано приложение в среде Delphi [5, 6, 7], предназначенное для расчета и построения переходных процессов скорости элементов стенда при разгоне, работе на установившейся скорости с гибким валом.

Интерфейс приложения представлен на рис. 7. Данное приложение рассчитывает и строит переходные процессы угловой скорости по экспериментальным двоичным данным, полученным при помощи АЦП L-Card.

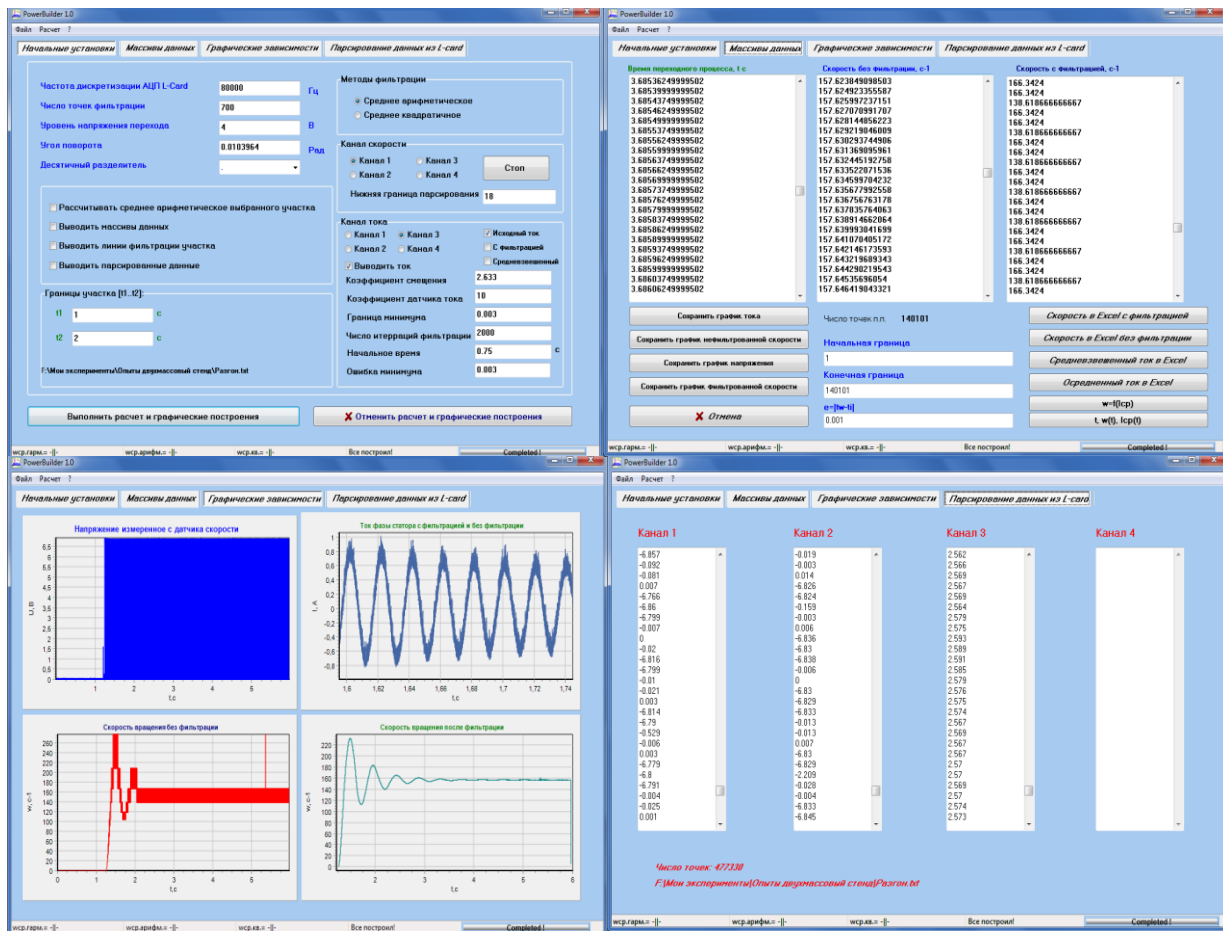


Рис. 7. Интерфейс разработанного приложения

Переходные процессы угловых скоростей первой и второй массы двухмассового стенда динамических нагрузок [8] с фильтрацией и без представлены на рис. 8, 9.

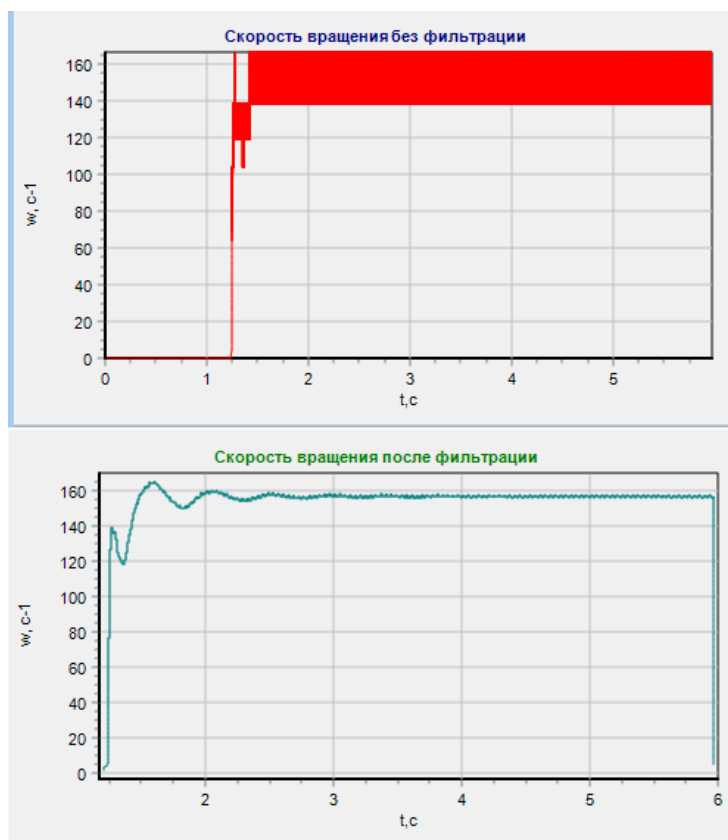


Рис. 8. Скорость вращения первой массы (двигателя) при разгоне с гибким валом (без фильтрации и с фильтрацией)

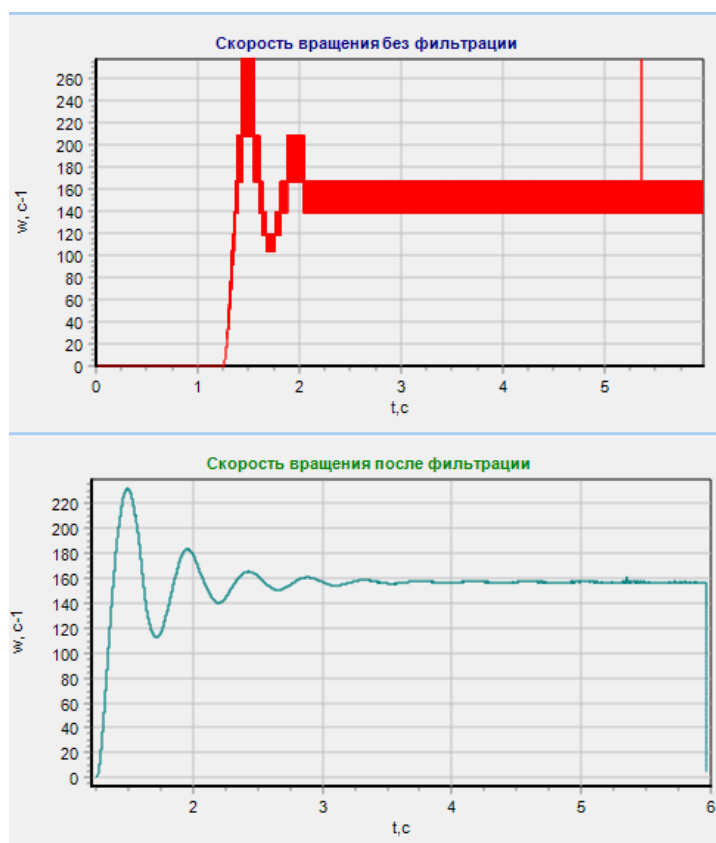


Рис. 9. Скорость вращения второй массы при разгоне с гибким валом (без фильтрации и с фильтрацией)

Разработанное приложение позволяет конвертировать массивы данных в удобно читаемый формат Excel файла с расширением .xls.

Полученный алгоритм может быть реализован с использованием любого языка программирования высокого уровня, например C#, Delphi [9,10,11] и т.д.

### ВЫВОДЫ

Предлагаемый алгоритм позволяет в полном объеме использовать современные средства измерений и обработки получаемой информации (имеющийся цифровой датчик скорости ПДФ5 и АЦП L-Card 400 кГц), чтобы определять динамические параметры асинхронного двигателя для построения его математической модели.

Разработанное приложение позволяет эффективно обрабатывать данные, полученные при помощи АЦП Л-Кард в текстовом виде.

Полученный алгоритм может быть реализован с использованием любого языка программирования высокого уровня, например C#, Delphi и т.д.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квашин В.О. Методика определения динамических скоростных характеристик асинхронных электродвигателей / В. О. Квашин // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. – Хмельницький, 2001. – Вип. №8(2001).
2. Квашин В. О. Модернизация методики определения динамической скорости электропривода / В.О. Квашин, И.И. Полупан // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. – Харків: НТУ «ХПИ», 2008.
3. Квашин В. О. Методика аналитического определения характеристик асинхронного двигателя / В.О. Квашин // *Проблемы создания новых машин и технологий. Сборник научных трудов*. – Кременчугский государственный политехнический университет: КГПИ-2000. – Вып. 1. – №8. – С. 143–145.
4. Квашин В.О. Методика определения динамических скоростной и токовой характеристик асинхронного электропривода / В.О. Квашин, А.В. Бабаи // *Электротехнические и компьютерные системы*. – № 19 (95). – 2015. – С. 28–32.
5. Культин Н. Б. *Delphi в задачах и примерах*. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 288 с.: ил.
6. Дарахвелидзе П. Г. *Программирование в Delphi 7* / П. Г. Дарахвелидзе, Е. П. Марков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 784 с.: ил. – ISBN 5-94157-116-X.
7. Хомоненко А.Д. *Delphi 7* / Под общ. ред. А.Д. Хомоненко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1216 с.: ил.
8. Квашин В.В. Аппаратные программные средства диагностики электромеханической системы на основе асинхронного электропривода / В. В. Квашин, Г. П. Клименко, В. О. Квашин // *Электротехнические и компьютерные системы*. – Наука и Техника, 2016. – №22 (98). – С.359–365.
9. Шкрыль А. А. *Delphi. Народные советы*. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 400 с.: ил. – ISBN 978-5-9775-0047-0.
10. Кэнтю М. *Delphi 7: Для профессионалов*. – СПб.: Питер, 2004. – 1101 с.: ил. – ISBN 5-94723-593-5.
11. Фленов М. Е. *Программирование в Delphi глазами хакера*. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 368 с.: ил. – ISBN 5-94157-351-0.