

УДК 621.34:621.313:621.9:62.83

Г.В.Савеленко, Ю.О.Єрмолаєв

Кіровоградський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ДУГОЮ НА ВЕРСТАТІ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ

Г.В. Савеленко, Ю.О. Єрмолаєв. Дослідження робочого процесу розмірної обробки дугою на верстаті з електромеханічним приводом. В статті розглядається склад і технічні можливості програмно-технічного комплексу призначеного для реєстрації і обробки результатів наукових досліджень на прикладі електроерозійного верстата з електромеханічним приводом подачі електрода інструмента.

Ключові слова: реєстрація технологічних параметрів, аналого-цифрове перетворення, обробка результатів дослідження.
Рис.5. Літ. 10.

Г.В. Савеленко, Ю.А. Ермолаєв. Исследование рабочего процесса размерной обработки дугой на станке с электромеханическим приводом. В статье рассматривается состав и технические возможности программного технического комплекса предназначенного для регистрации и обработки результатов научных исследований на примере электроэрозионного станка с электромеханическим приводом подачи электрода инструмента.

Ключевые слова: регистрация технологических параметров, аналого-цифровое преобразование, обработка результатов исследования.

G.V. Savelenko, Y.A. Ermolaev. Study workflow dimensional processing of arc on a machine with electromechanical drive. The article discusses the composition and technical capabilities of software and hardware complex designed for the registration and processing the results of research on the example of electric discharge machine with an electromechanical drive filing elektroda tool.

Keywords: registration process parameters, analog-to-digital conversion, processing of the results of the study.

Постановка проблеми. Одним з розповсюджених способів описання будь-якого робочого процесу є реєстрація значень технологічних параметрів системи, яка досліджується. Сутність розмірної обробки дугою (РОД) полягає в тому, що обробку здійснюють стаціонарною електричною дугою, яка горить поміж електрода-інструмента (ЕІ) та електрода-заготовки (ЕЗ) в потоці робочої рідини при динамічному тиску не менше 1...2 кПа. Принципова схема процесу РОД зображена на рис.1. У порівнянні з відомими способами розмірної електроерозійної обробки, спосіб РОД дозволяє збільшити продуктивність обробки приблизно на порядок і більше, зменшити приблизно в два рази питомі витрати електроенергії та в 3...5 разів знизити вартість джерел живлення технологічним струмом [1]. Конструктивні особливості верстата РОД з електромеханічним приводом розглянуті в праці [2].

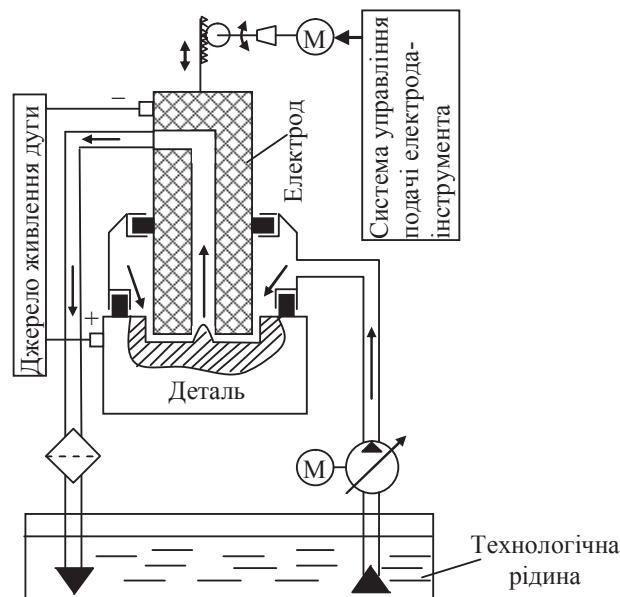


Рис.1. Принципова схема процесу РОД [авторська розробка]

Для дослідження процесу РОД при усталеному режимі і особливо на перехідних режимах, необхідні набори статистичних даних: струму і напруги електричної дуги, тиску технологічної рідини, лінійне переміщення ЕІ, струм, напруга і частота обертання двигуна подачі ЕІ, напруга завдання привода подачі. Вирішити дану задачу можливо, створив спеціальне обладнання для реєстрації миттєвих значень цих величин. Це потребує використання точних швидкодіючих АЦП та мікроконтролерів і розробку та відлагодження програмних і апаратних засобів, що в значній мірі впливає на час розробки та вартість системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом на ринку вимірювальної техніки з'явилась значна кількість автоматизованих систем збору даних та реєструючих комплексів, які можуть виконувати багатоканальний запис вимірювальних величин. В багатьох наукових працях [3, 4, 5, 6, 7] наводяться приклади побудови таких вимірювальних систем, використовуючи універсальні та спеціалізовані АЦП таких виробників як National Instruments, Texas Instruments, Analog Devices, Microstar Laboratories, L-Card, ХОЛИТ Дэйта Системс, але кожна з представлених систем, що відноситься до нижнього цінового діапазону, розробляється під конкретні умови використання і не може виконувати поставлену перед нами задачу без суттєвої зміни структури вимірювальних каналів та блока спряження. Універсальні реєструючі комплекси середнього і високого цінового діапазону можуть вирішувати поставлену задачу, але їх висока вартість обмежує їх використання.

Невирішені частини проблеми. Готових бюджетних рішень по реєстрації і обробці результатів експериментальних досліджень на ринку не представлено. Окремо пропонуються блоки АЦП, блоки нормування сигналу та програмне забезпечення для обробки оцифрованих даних. Мікропроцесорні системи збору даних різних виробників однакового цінового діапазону мають приблизно однакові технічні можливості. Вибір продукції того чи іншого виробника обумовлений ціною політикою, наявністю представництва в країні та якістю служби підтримки. Саме тому було прийняте рішення розробити власну багатоканальну вимірювальну систему на базі сучасної мікросистеми збору даних вітчизняного виробництва.

Метою дослідження є розробка та впровадження програмно-технічного комплексу для реєстрації робочого процесу параметрів верстату РОД з електромеханічним приводом подачі ЕІ.

Методи вирішення задачі. Вибір програмно-апаратних засобів для проведення експериментальних досліджень процесу РОД на різних режимах роботи системи автоматичного управління електромеханічного приводу переміщення ЕІ.

Основні результати дослідження. Попередня реєстрація сигналів робочого процесу РОД з ціллю визначення їх характеру, а також з ціллю визначення необхідних параметрів аналогово-цифрового перетворювача показала, що перетворювач повинен забезпечувати частоту квантування реалізації змінних одного каналу не менше ніж 20 кГц, що цілком достатньо для обробки стохастичних процесів за частотним діапазоном. Діапазон вхідної напруги перетворювача повинен складати ± 10 В, орієнтуючись на датчики струму і напруги. Кількість аналогових входів повинно бути не менше восьми. Усім вище означеним критеріям відповідає вітчизняна мікросистема збору даних виробництва ХОЛИТ Дэйта Системс типу m-DAQ12 [8], яка й була вибрана нами для побудови програмно-технічного комплексу (ПТК). Мікросистема дозволяє працювати з 4-ма диференційними або 8-ма каналами із загальною землею для введення аналогових сигналів.

Кожен з аналогових каналів підключається до АЦП через програмно-керуємий підсилювач, що дозволяє задавати один з чотирьох діапазонів вимірювання напруги (± 10 В ± 5 В, ± 2.5 В, ± 1.25 В). Модулі забезпечують безперервний (синхронізований по внутрішньому таймеру) збір даних на частотах дискретизації АЦП від 65 Гц до 100 кГц.

Вибір первинних перетворювачів, що застосовуються в вимірювальних каналах системи описується в [9]. Миттєві значення вимірювальних величин, що підлягають реєстрації можуть бути за рівнем амплітуди сигналу більше допустимого значення, яке дозволено згідно технічної документації на мікросистему збору даних (МЗД) з інтерфейсом USB типу m-DAQ12. Тому між датчиками і МЗД застосовується блок спряження сигналу, який перетворює і нормує сигнал по рівню допустимих значень по входу пристрою МЗД. Принципова електрична схема блоку спряження каналу напруги наведена на рис.2. Схемні рішення блоку спряження для каналів, що вимірюють інші фізичні величини наведені в [9].

Програмне забезпечення ПТК повинно виконувати задачі по налаштуванню каналів введення-виведення МЗД, приймати і відображати поточні дані, вносити корекцію і записувати коментарії до записаних блоків інформації, виконувати математичну обробку отриманих даних, зберігати, імпортувати і друкувати результати досліджень. Відповідно програмне забезпечення (ПЗ) з таким функціоналом не поставляється разом з МЗД. До складу поставки МЗД входять драйвери для роботи з операційною системою, DLL-бібліотеки і приклади роботи з нею для середовища графічного програмування Labview, і програма «Осцилограф-реєстратор». Даної комплектації достатньо для написання програм під конкретну задачу реєстрації параметрів робочого процесу РОД, але створення спеціалізованого програмного забезпечення потребує тривалого часу написання і відладки програмного коду, що неможливо виконати без залучення спеціалістів високої кваліфікації і додаткового фінансового ресурсу.

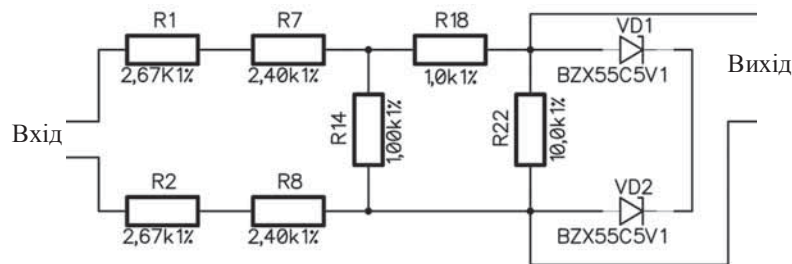


Рис.2. Принципова електрична схема блока спряження каналу напруги [авторська розробка]

Наші пошуки зупинились на готовому до використання програмному продукті «PowerGraph Professional», який позиціонується на ринку ПЗ, як продукт що дозволяє організувати запис, візуалізацію, обробку та збереження результатів дослідження з плат АЦП і мікросистем збору даних в тому числі і m-DAQ12. До складу програми «PowerGraph Professional» входить бібліотека функцій математичної і цифрової обробки сигналів, призначених для проведення обчислень і отримання розрахункових даних. Функції обробки сигналів можуть бути використані як після закінчення реєстрації (режим пост-обробки), так і безпосередньо в процесі отримання даних з мікросистеми збору даних m-DAQ12 (режим реального часу) [10]. Структурна схема описаної системи наведена на рис.3.

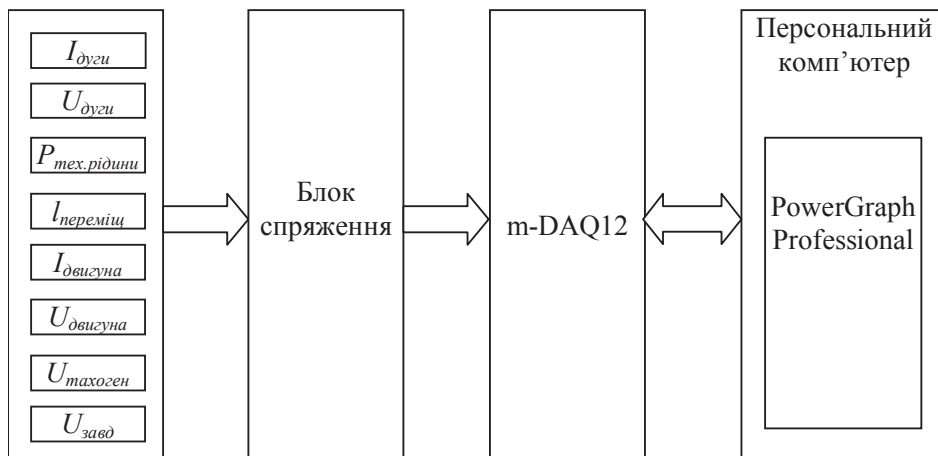


Рис. 3. Структурна схема програмно-технічного комплексу для дослідження РОД: $I_{дуги}$ – струм електричної дуги; $U_{дуги}$ – напруга дуги; $P_{тех.рідини}$ – тиск технологічної рідини; $I_{переміщ}$ – переміщення ЕІ; $I_{двигуна}$ – струм двигуна подачі ЕІ; $U_{двигуна}$ – напруга двигуна подачі ЕІ; $U_{тахоген}$ – напруга тахогенератора; $U_{завд}$ – напруга завдання. [авторська розробка]

Характерні часові ряди значень вимірювальних каналів, отримані в ході проведення експериментальних досліджень (марка графітового електрода МПГ7, марка деталі сталь Ст3), наведені на рис. 4. На рис. 4(а) зображені реальні миттєві значення вимірювальних величин при стаціонарному робочому процесі РОД. На рис. 4(б) зображені ті ж самі дані, але після обробки їх фільтром NoiseFilter, який був застосований до сигналу каналів напруги дуги, напруги тахогенератора, струму двигуна подачі ЕІ та тиску технологічної рідини, що призвело до видалення в них високочастотних шумів та випадкових викидів. Зображений процес на рис. 4 є квазіоптимальним режимом обробки деталі при РОД, який характеризується незначним коливанням миттєвих значень напруги дуги 23...40 В та струму дуги, значення якого залежить від підведеної потужності джерела живлення дуги.

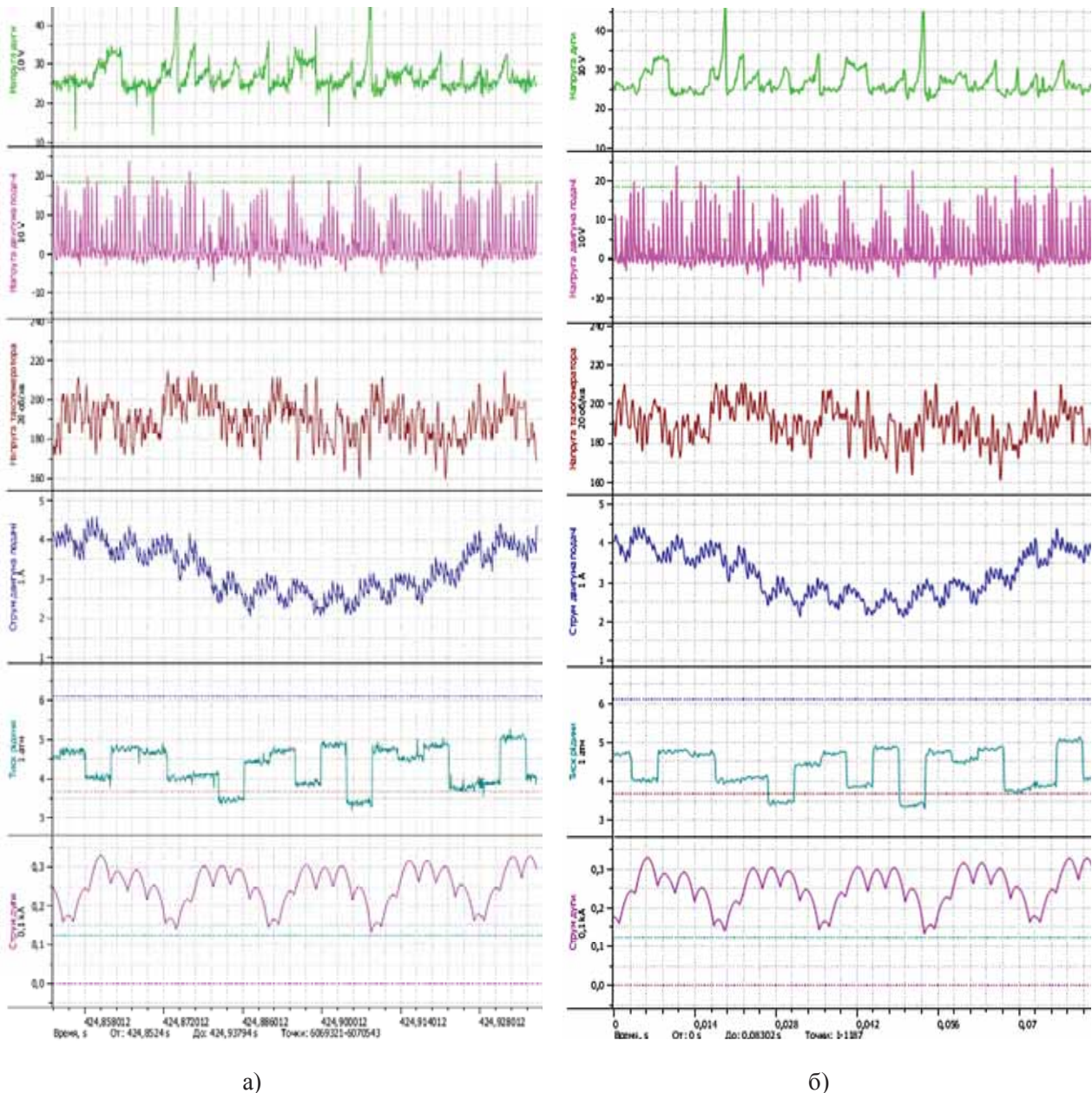


Рис. 4. Типові часові ряди значень вимірювальних каналів при усталеному режимі обробки деталі: а – без фільтрації сигналу; б – з фільтрацією від високочастотних шумів та випадкових викидів [авторська розробка]

Програма «PowerGraph Professional» виконує блочний запис результатів аналого-цифрового перетворення та дозволяє виконувати велику кількість операцій над блоками або їх виділеною частиною по переміщенню, копіюванню, видаленню, математичній обробці сигналів, як в масштабі реального часу так і після запису експерименту. Також в програмному продукті передбачена можливість аналізу даних, шляхом збільшення масштабу і редагування окремих ділянок і значень оцифрованого сигналу, шляхом додаткової графічної побудови на вісі часу і амплітуди, розрахунку кута нахилу та побудови дотичної в точці, пошук максимального, мінімального та середнього значення з побудовою відповідної проекції і багато інших інструментів (рис. 5).

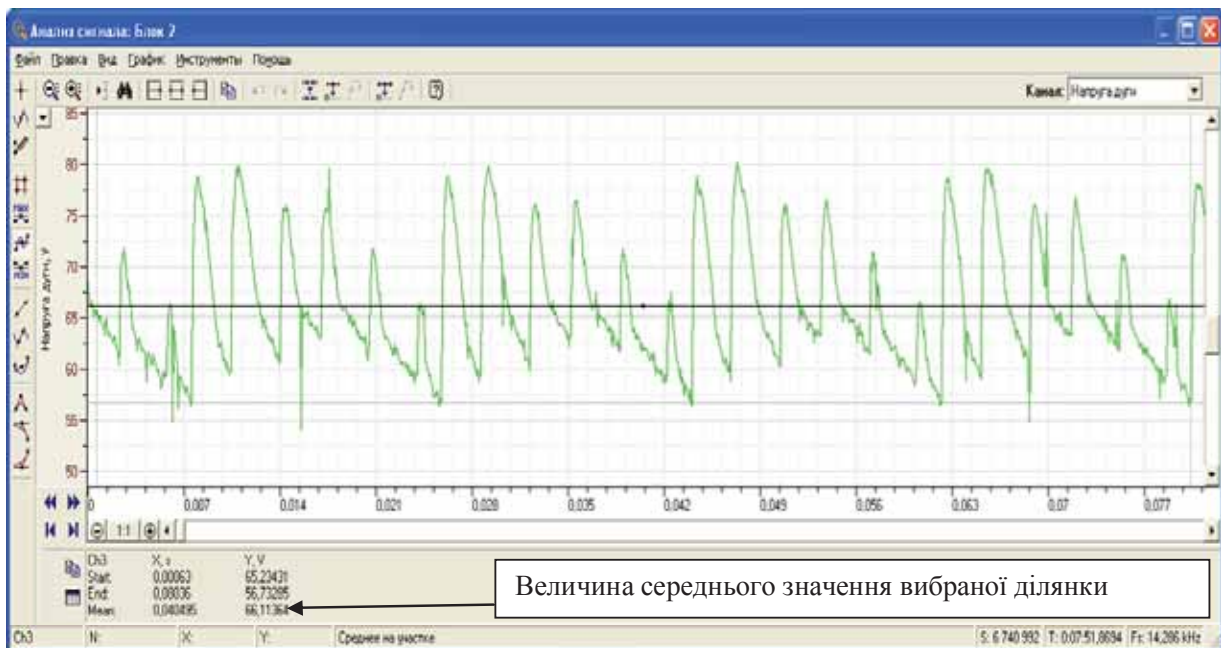


Рис. 5. Аналіз каналу «Напряга дуги»: пошук середнього значення [авторська розробка]

Висновки. В даній статті наведені:

1) приклад побудови програмно-технічного комплексу для дослідження робочого процесу параметрів верстату РОД з електромеханічним приводом подачі ЕІ з використанням універсального програмного продукту «PowerGraph Professional», як одного з компонентів автоматизованої вимірювальної системи для дослідження процесів РОД;

2) реалізації процесів, що характеризують РОД в усталеному режимі;

3) вплив застосування фільтра NoiseFilter програмного продукту «PowerGraph Professional»;

4) аналіз сигналу каналу «Напряга дуги» з визначеним середнім значенням вибраної ділянки.

Використання програмно-технічного комплексу довело його перспективність і доцільність при дослідженні робочого процесу розмірної обробки дугою на верстаті з електромеханічним приводом.

1. Носуленко В.І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.07/ НТУУ «КПІ». – К., 1999. – 36 с., 51-54

2. Звіт про НДР № держреєстрації 0111U007656. Модернізація електромеханічної частини привода подачі електроерозійного верстата для розмірної обробки дугою. /Срмолаєв Ю.О., Савеленко Г.В./ Кіровоград: КНТУ, 2011 – 34 с.

3. Девин Л.Н. Применение пакета PowerGraph для исследования процесса резания / Девин Л.Н., Сулима А.Г. //ИСМ им. В.Н. Бакуля // ПиКАД.- 2008.- № 3.- С. 24-26.

4. Врублевский А.Н. Техническое решение для исследования рабочего процесса двигателя внутреннего сгорания / Врублевский А.Н., Дзюбенко А.А., Вахрушев В.И. / ХНАДУ // ПиКАД.- 2008.- № 4.- С. 12-15.

5. Вахрушев В.И. Исследование крутильных колебаний двигателя ЗТД / Вахрушев В.И., Дороженко А.Н., Кондратенко В.Г. / Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению // ПиКАД.-2009.- № 1.- С. 30-32.

6. Демиденко С.Н. Модульные КАМАК-системы автоматизации эксперимента / Демиденко С.Н., Апанасенко Л.С., Дашук В.Н., Куновский Э.Б. / Минск : Наука і тэхніка.- 1990. - 208 с

7. Зленко В.О. Автоматизований комплекс досліджень терморезистивних властивостей наноструктурованих плівкових систем / Зленко В.О., Проценко С.І., Сафаріч Р. // Ж. нано- та електронної фізики. - 2009.-1 №2. - С. 34-41

8. Руководство пользователя V1.2. m-DAQ12. Микросистема сбора данных с интерфейсом USB. ХОЛИТ Дэйта Системс. - [Электронный ресурс] — Режим доступа:
<http://www.holit.ua/download/common/docs/hds/m-DAQ.pdf>

9. Звіт про НДР № держреєстрації 0111U007657. Розробка інформаційно-вимірювального комплексу для реєстрації стохастичних параметрів роботи електроерозійного верстата для розмірної обробки дугою. /Єрмолаєв Ю.О., Савеленко Г.В./ Кіровоград: КНТУ, 2012 – 25 с.

10. Справочное руководство ПО «PowerGraph» [Электронный ресурс] — Режим доступа:
<http://www.powergraph.ru>