

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2020

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2020

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(КІТАМ)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2020

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2020

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова: **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Филипенко Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету

Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Шило Галина Миколаївна, доктор технічних наук, доцент завідувач кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Вип. 2. – 298 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2020 Part 2 (Key infrastructure 2020) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2020.- 298 p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих
технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 2 від 23.11.2020

Збірник містить наукові статті студентів кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія, першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти. Статті надані в авторській редакції.

ЗМІСТ

<i>Алексєєнко Д.В.</i> Автоматизація процесів прийняття рішення доступу до роботизованих об'єктів	9
<i>Білоус М. Ю</i> Аналіз сучасних середовищ розробки програмного забезпечення	13
<i>Близнюк Д.С.</i> RepRap Firmware. Аналіз особливостей прошивки	17
<i>Бородін К.О.</i> Аналіз мікропроцесорних систем	21
<i>Давидов О.В.</i> Методи підвищення продуктивності на підприємстві через автоматизацію	24
<i>Дієсперов А. В.</i> Вибір середовища візуалізації процесів інтелектуальної системи прийняття рішень для аналізу якості рішень	27
<i>Кононенко М.Д.</i> Пайка VGA компонентів	32
<i>Коритченко В.К.</i> Підтримка прийняття багатокритеріальних рішень у комп'ютеризованих і робототехнічних системах	35
<i>Коротенко І. В.</i> Інфрачервоні промені та їх застосування	40
<i>Крapiвiн В.С.</i> Аналіз засобів керування роботом Festo Robotino	44
<i>Кривуля О.М.</i> Аналіз показників якості зубчастих коліс	48
<i>Лукиєнко І.О.</i> Дослідження видів екструдерів для харчових 3D-принтерів	52
<i>Медведєв А.М.</i> Переваги використання компактних паяльних станцій під час технологічного процесу пайки	58
<i>Приходько В.О.</i> Аналіз хімічних властивостей композиційних матеріалів в залежності від механічних впливів	62
<i>Новенко М.Д.</i> Аналіз особливостей волоконно-оптичних сенсорів	66
<i>Панова А.С.</i> Використання інтелектуальних технологій для аналізу багатомірних даних	70
<i>Паскарюк Д.О.</i> Розпізнавання образів за допомогою нейронних мереж	74
<i>Рижов В.Б.</i> Аналіз можливостей сенсорної системи Festo Robotino	78
<i>Малiнiн Є.</i> Дослідження регулятора адаптивної системи управління фрезерним верстатом з ЧПУ ...	81
<i>Сухов В.О.</i> Підтримка прийняття багатокритеріальних рішень у комп'ютеризованих і робототехнічних системах	85

<i>Стрілець Р.Є.</i>	
Аналіз та налаштування програмного засобу для управління 3D – принтерами за технологіями стереолітографії NANODLP	89
<i>Тесля О.Р.</i>	
Вибір середовища моделювання та проектування для забезпечення якості виготовлення нероз’ємного з’єднання оптоволоконних кабелів	94
<i>Тищенко С.М.</i>	
Акселерометри: основні типи, принципи дії та характеристика	98
<i>Филиппов И.Ю.</i>	
Анализ электронных ключей на базе транзисторов	102
<i>Ходус Д.В.</i>	
Применение автоматической линии в машиностроительном производстве	108
<i>Шевченко К.О.</i>	
Створення главбоксу з урахуванням і контролем стану внутрішнього середовища	111
<i>Шевченко Д. О.</i>	
Создание умного дверного замка с конструктивной вариативностью	115
<i>Ракитенко Д. В.</i>	
Деякі задачі керованості рівняння теплопровідності в плоскій нескінченій стінці	119
<i>Білоус М. Ю.</i>	
Аналіз сучасних CAD/CAM/CAE систем у приладобудуванні	125
<i>Шило Н.Ю.</i>	
Зв’язок промислової автоматизації і контролюючих систем	129
<i>Єрмашева А. С.</i>	
Розробка структури цифрового осцилографу на базі Arduino Uno	133
<i>Стеценко К.В.</i>	
Системи слідкуючого привода промислового робота	136
<i>Шило Н.Ю.</i>	
Засоби захисту систем промислової автоматизації та управління	140
<i>Бородін К. О.</i>	
Процес регулювання і реєстрації сировини на виробництві метизних виробів	145
<i>Васільєв В.А.</i>	
Автоматизовані методи контролю друкованих плат	150
<i>Костенко С.В.</i>	
Агентне моделювання переміщення мобільних роботів	154
<i>Піддубний М.А.</i>	
Математичні моделі об’єктів автоматизації для конструювання програмного управління нагрівом конструкцій	158
<i>Белєй Р.С.</i>	
Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання	165
<i>Мамонько Д.В.</i>	
Дослідження методів прокладання шляху мобільної платформи в невизначеному просторі	170
<i>Бабічев О.О.</i>	
Вплив ексцентриситету оптичних волокон на якість з’єднання оптичних волокон	175
<i>Зеленов Д.В.</i>	
Автоматична система діагностики генераторів змінного струму	180
<i>Стеценко К.В.</i>	
Функціонування гнучких виробничих систем	185

<i>Карікова К.Р.</i>	
Пристрій для виділення корисного сигналу на тлі перешкод	188
<i>Корхов Д.М.</i>	
Макет автоматизованої лінії для сортування та переробки відпрацьованих елементів живлення	194
<i>Калашиников М</i>	
Розробка методу ідентифікації деталей для процесу сортування на базі комп'ютерного зору	200
<i>Усенко Д.С.</i>	
Принципова будова сучасних оптичних волокон	206
<i>Рябовол Д.А.</i>	
Аналіз методів оцінки якості та ефективності інформаційних ресурсів	210
<i>Батуліна Д. А.</i>	
Аналіз концепції «JUST IN TIME»	216
<i>Бондаренко Ю.В., Гіль А.А., Валківська Є. Ю.</i>	
Аналіз програмного забезпечення для моделювання та тестування параметрів виробничої лінії	220
<i>Брадул А.А.</i>	
Аналіз малогабаритних фрезерних верстатів, які застосовуються у виробництві електронної техніки	224
<i>Закіпний К.П.</i>	
Аналіз існуючих систем та приладів для вимірювання температури тіла людини	228
<i>Козирь М. О.</i>	
Автоматизація вимірювань фотоелектричних параметрів концентраторних сонячних модулів	234
<i>Коротєєв Д.Р.</i>	
Огляд і аналіз методів 3D сканування і 3D сканерів	240
<i>Мажара А.Є., Левченко Є.О, Юрков Д. В.</i>	
Деградація (стагнація) та регенерація у кремнієвих сонячних панелях	246
<i>Левченко Є. О., Мажара А. Є., Юрков Д. В.</i>	
Дослідження технологій та методів обробки монокристалічних матеріалів	252
<i>Мамін В.А.</i>	
Імітаційне моделювання роботизованої виробничої ділянки	257
<i>Медведєв А.М.</i>	
Аналіз стану систем управління роботизованими системами	262
<i>Назаренко В.С.</i>	
Аналіз комп'ютерно-інтегрованих методів контролю гнучких друкованих плат	266
<i>Павленко В.І., Сітало І.А, Буць Д. Є.</i>	
Інтернет речей. Індустрія 4.0.	271
<i>Павленко В. І., Сітало І. А., Валківська Є. Ю.</i>	
Кіберфізичні системи	275
<i>Шалько Є.В.</i>	
Система стеження і підрахунку об'єктів складної геометричної форми на виробництві з використанням інфрачервоних датчиків	279
<i>Шевченко М.Ю.</i>	
Проектування оптимальних систем автоматичного управління	283
<i>Щербаков Г.Л.</i>	
Метод багатокритеріального вибору термодинамічного обладнання	287

<i>Юкленчук Р. О.</i>	
Система допомоги водієві при проїзді регульованих перехресть	292
<i>Алфавітний список</i>	293

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ФРЕЗЕРНИМ ВЕРСТАТОМ З ЧПУ

Малінін Є. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: yehor.malinin@nure.ua

Анотація: Варіант адаптивної системи управління із застосуванням п'єзоелектричних приводів, у якості рушіїв може бути встановлений на фрезерному верстаті для металу. Розроблено математичну модель адаптивної системи управління. Зовнішнє збудження моделі є вектором сили різання, представлений у вигляді випадкового процесу зі властивостями «білого шуму». Пропонується використовувати пропорційний інтегральний диференціальний контролер (PID) в якості регулятора адаптивної системи управління. Розроблена адаптивна система управління дозволяє значно зменшити нерівномірність зусиль різання при використанні фрезерних верстатів з ЧПУ.

Ключові слова: верстат з ЧПУ, механічна обробка, ПІД-регулювання.

RESEARCH OF THE CONTROLLER OF THE ADAPTIVE SYSTEM OF CONTROL OF MILLING MACHINE WITH CNC

Y. Malinin

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: yehor.malinin@nure.ua

Annotation: A variant of the adaptive control system with the use of piezoelectric actuators, as actuators can be installed on a milling machine for metal. A mathematical model of an adaptive control system has been developed. The external excitation of the model is a vector of the cutting force, represented as a random process with the properties of "white noise". It is proposed to use a proportional integrated differential controller (PID) as a regulator of the adaptive control system. The developed adaptive control system allows to reduce considerably non-uniformity of efforts of cutting when using CNC milling machines.

Key words: CNC machine, machining, PID-adjustment.

Важливими аспектами сучасного машинобудування є підвищення якості продукції та підвищення продуктивності праці. Точність обробки є одним із показників якості. Вимоги до точності виробів обумовлені підвищеними вимогами замовника і тому постійно зростають. Починаючи з 40-х років минулого століття відомо, що основним фактором, що впливає на точність обробки, є відхилення сили різання від заданого рівня, що, в свою чергу, визначає пружні переміщення ріжучого інструменту щодо поверхні заготовки, яка піддається механічній обробці.

Як показали дослідження, контроль пружних рухів інструменту дозволяє підвищити точність обробки заготовок на верстатах у 2–6 разів, збільшуючи продуктивність на 20–300%. Таке управління може бути здійснено за допомогою токарного верстата з ЧПУ, а також сучасних верстатів з ЧПУ, чисельні пристрої управління якими дозволяють програмно стабілізувати силу різання і, отже, пружні переміщення інструменту. Однак завдання стабілізації сили різання є складним при врахуванні комбінованого впливу на ріжучий інструмент ряду випадкових і систематично діючих факторів, таких як нерівномірність глибини різання, нерівномірність твердості поверхні заготовки тощо.

У роботах, присвячених стабілізації сили різання при обробці заготовок деталей машин, зовнішнє збурення представляється як сума постійної та періодичної складових. На цій основі

були розроблені рекомендації щодо стабілізації сили різання та проектування аналого-цифрових регуляторів режимів металообробки. Однак, як відомо, глибина різання під час обертання, особливо оригінальних заготовок, є випадковою і визначається законом розподілу ймовірностей початкових розмірів заготовок, отриманих так чи інакше. Тому зовнішнє порушення процесу різання слід розглядати як випадковий процес.

Метою даної роботи є розробка системи управління адаптивним типом для токарного верстата з ЧПУ процесу різання на верстаті з числовим управлінням та впровадження способу управління процесом різання.

Адаптивна система управління процесом різання заснована на постійній компенсації тривожних впливів. Таке управління засноване на стабілізації деякого вихідного параметра процесу різання, наприклад, ріжучої сили. Таким чином, завдання полягає в регулюванні та підтримці величини сили різання на рівні, обчисленому на етапі проектування технологічної операції. В якості контрольованого параметра в адаптивній системі ми приймаємо швидкість подачі.

За допомогою фрезерного верстата з ЧПУ ми змодуємо процес різання та представимо опорну частину верстата у вигляді ідеально еластичного кузова. Тоді для кінчика фрези можна вказати три взаємно перпендикулярні головні осі жорсткості, в яких вектори прикладених зусиль та відповідні пружні переміщення є колінеарними. Припуск на умови обробки та різання є періодичний, а також випадковий компонент, що має характеристики "білого шуму". У цьому випадку підсистема, що визначає силу різання, матиме вигляд, показаний на рис. 1.

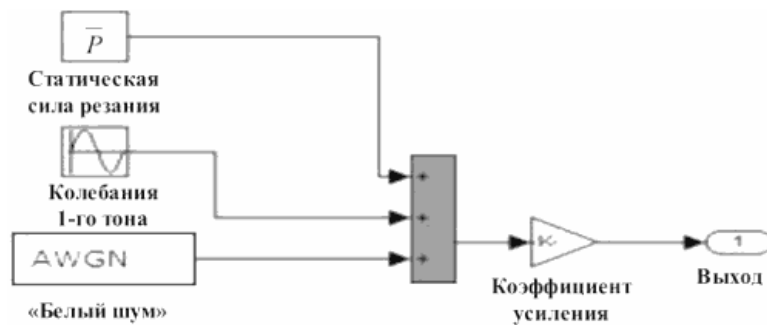


Рисунок 1 – Підсистема для встановлення сили різання

В результаті моделювання були отримані значення модельного вектора зовнішнього збудження та кореляційна функція цього вектора, рис. 2.

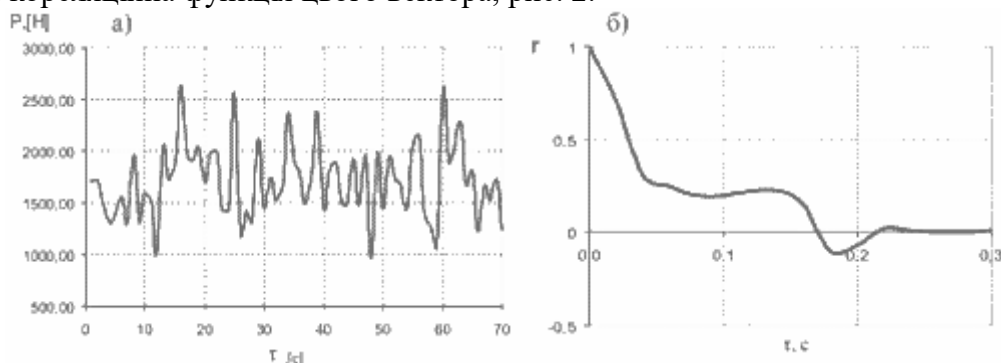


Рисунок 2 – Фрагмент реалізації модельного навантаження (а) та його кореляційної функції (б)

З отриманих даних випливає, що відхилення математичного очікування сили різання, розраховане за запропонованою моделлю, не перевищує 5% математичного очікування сили, отриманої експериментально.

Розроблена математична модель системи динамічного приводу за якою поздовжні подачі здійснюються на верстатах з ЧПУ, адекватні реальному процесу. Модель дозволяє оцінити

ефективність запропонованих варіантів адаптивного управління процесом різання з метою підтримки стабільної величини сили різання під дією різних тривожних факторів. Оскільки управління поздовжньою подачею фрези під час обробки здійснюватиметься невеликими рухами опорної частини верстата, п'єзоелектричні приводи або пускачі можуть використовуватися як рушій адаптивної системи управління процесом різання. Забезпечуючи рухи від декількох одиниць до сотень мікрометрів з високою точністю, сучасні п'єзоелектричні приводи здатні розвивати сили до 100 кН і більше.

П'єзоелектричні двигуни мають ряд переваг перед електромагнітними, а саме: високий вихідний крутний момент, широкий діапазон регулювання швидкості, низьке споживання електроенергії, високий гальмівний момент при знеструмленні, безінерційність роботи, безшумна робота, малі габарити і вага. Недоліком двигунів є те, що п'єзоелектричні матеріали можуть створювати робочу силу лише в одному напрямку - у напрямку збільшення його довжини. Тому в конструкції п'єзоелектричних перетворювачів передбачений механічний пружний пристрій для зворотного руху. Слід також зазначити, що п'єзоелектричні приводи мають природні частоти понад 10 кГц, що не матиме істотного впливу на систему динамічного приводу подачі машин з ЧПУ.

Конструктивно п'єзоелектричний привід може бути розташований на корпусі тримача інструменту верстата з ЧПУ. Для збільшення значень переміщення робочого тіла можна використовувати важільну систему множення переміщень.

Ми представляємо динамічну модель п'єзоелектричного приводу як одномасову систему, що складається з маси m , блоку розсіювання енергії з коефіцієнтом демпфування β та пружної одиниці з коефіцієнтом жорсткості Ca . Електрична напруга U , що діє на привід, викликає силу Ft , величина якої пропорційна величині вхідної напруги:

$$Ft = ma \cdot x_2 + \beta \cdot x_1 + Ca \cdot x = aU \quad (1)$$

де x – поздовжній рух робочого органу приводу; i – коефіцієнт пропорційності.

Тоді, наведена вище схема п'єзоелектричного приводу може бути представлена у вигляді ланки затримки електричної частини системи та коливальної механічної ланки. Як система управління поздовжньою подачею суппорта ми приймаємо каскадну структуру регуляторів, яка складається з пропорційно інтегрованого регулятора напруги, пропорційно-інтегрального регулятора швидкості двигуна та пропорційного регулятора положення робочого тіла. Таким чином, пропорційний інтегральний диференціальний (PID) контролер системи керування приводом може забезпечити необхідну динамічність системи.

Комбінуючи моделі електромеханічної системи приводу, п'єзоприводу, а також PID-контролера, ми отримуємо модель адаптивної системи управління процесом різання на токарному верстаті з ЧПУ, яка була реалізована за допомогою програми Simulink і має вигляд, показаний на рис.3.

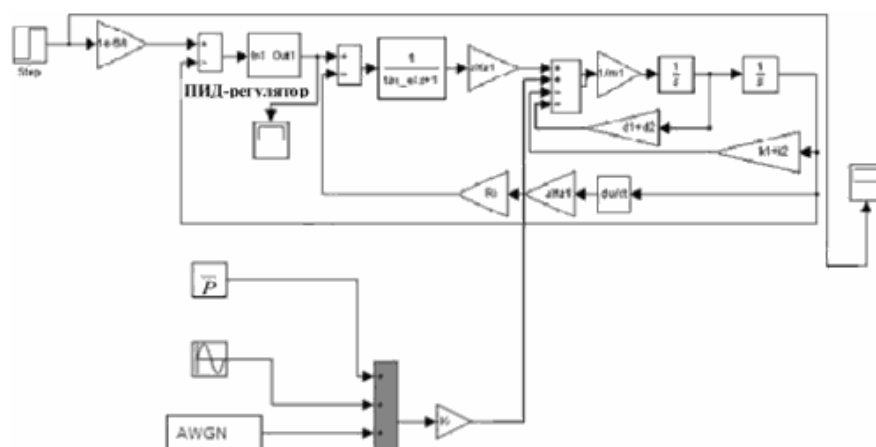


Рисунок 3 – Модель системи стабілізації сили різання

В результаті експериментів, проведених на моделі, отримуємо графіки (рис. 4), зміни фактичної миттєвої глибини зрізу, t ; усереднені за інтервал підсумовування значень PID регулятором глибини різання, i ; значення поздовжнього подачі s , задані системою стабілізації для зменшення нерівномірності сили різання, а також миттєвої сили різання R .

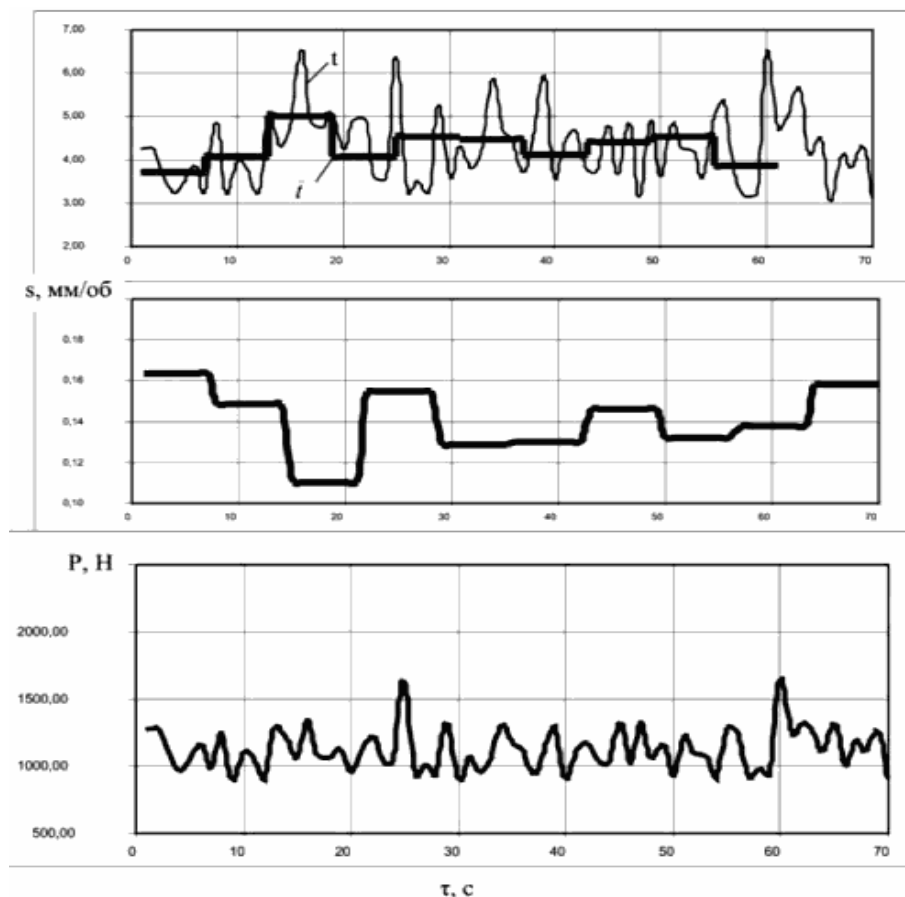


Рисунок 4 – Графіки змін умов різання під час обробки заготовки

Таким чином, у статті представлена математична модель адаптивної системи управління процесом різання верстата з ЧПУ для металу. Зазначена модель складається з динамічної моделі електромеханічної приводної системи для поздовжнього використовується в якості системи приводу для адаптивного контролю надлишкової подачі. В якості тривожної сили на вході моделі приймається вектор сили різання, що є випадковим процесом із властивостями «білого шуму». Ця динамічна модель адекватна реальним процесам при обробці заготовок. Пропонується використовувати PID-контролер як регулятор адаптивної системи управління, який може забезпечити задану динамічність системи.

Результати моделювання розробленої системи управління показали, що пристосована система управління, встановлена на токарному верстаті з ЧПУ для металу, може зменшити нерівномірність зусиль різання до 30%, що призводить до збільшення терміну служби інструменту, а також продуктивності та точності повороту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корсаков В.С. Точность механической обработки М.: Машгиз, 1961. — 379 с.
2. Чигиринский Ю.Л., Нестеренко П.С. Повишение эффективности токарной обработки нежестких валов за счет применения систем адаптивного управления М.: Волгоградский государственный технический университет.

3. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi і мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.
4. Невлюдов І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. 320 с.
5. Yevsieiev, V. Program code automated system development at early stage of software life cycl / V. Yevsieiev // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ». Випуск 1 (30). – 2017. – С. 69 – 78.
6. Yevsieiev, V. Object semantic model for life cycle model 'Jamp' / I.Sh. Nevlyudo, V. Yevsieiev, S. Miliutina, K. Kolesnyk // CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Issues. 25 Proceedings of Polish-Ukrainian Conference CADMD'2017, October 20-21, 2017, Bielsko Biala. – P. 31 – 32.