

В. М. Тонконогий, С. А. Зелинський, А. Ж. Ткач, Ю. О. Серебрій
Одеський національний політехнічний університет

ЗНИЖЕННЯ РЕГЕНЕРАТИВНИХ КОЛИВАНЬ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ МАЛОЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА РАХУНОК МОДУЛЯЦІЇ ШВИДКОСТІ ГОЛОВНОГО РУХУ СТАНКА

© Тонконогий В. М., Зелинський С. А., Ткач А. Ж., Серебрій Ю. О., 2016

Пропонується спосіб підвищення вібростійкості технологічної системи за рахунок модуляції швидкості головного руху верстата шляхом введення додаткового керуючого модуля. Запропонований спосіб є універсальним і може бути реалізовано на верстатах з різними системами ЧПК.

Ключові слова – верстати з ЧПК, технологічна система, вібростійкість, модуляція швидкості.

A method of enhancing the vehicle vibration resistance due to the modulation speed of the machine the main motion by introducing additional control module. The proposed method is universal and can be implemented on a variety of machines with CNC systems.

Keywords - CNC machines, technological system, vibration resistance, modulation speed.

Постановка проблеми

Суттєвою проблемою при обробці маложорстких деталей, є автоколивання, в тому числі регенеративні коливання, що виникають в процесі різання. Такими деталями є моноколеса, турбінні лопатки, лопасті, тощо. Як правило, до цих деталей висуваються жорсткі вимоги з точності і якості обробленої поверхні [1]. Ці деталі, маючи малу жорсткість, схильні до підвищеного впливу вібрацій, що призводить до істотного зниження ефективності і якості обробленої поверхні [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

З аналізу літератури відомі кілька способів гасіння регенеративних коливань. Найбільш поширеними є:

- Використання в'язкопружних демпфуючих середовищ;
- Використання додаткових опор;
- Модуляція швидкості головного руху верстата.

У першому випадку для гасіння вібрацій, потрібні дорогі демпфуючі середовища, закуповувати які доводиться за кордоном, а також установка на верстати огороження. У другому випадку потрібна установка додаткових опор, що не завжди можливо. Найбільш технологічним в плані практичної реалізації при обробці деталей типу лопаток турбін, моноколес, лопастей є спосіб модуляції швидкості різання. Переваги цього способу наведені в [3, 4, 5].

Формулювання цілі статті

Метою даної роботи є практична реалізація способу збільшення вібростійкості технологічної системи (ТС) за рахунок модуляції швидкості головного руху верстата за допомогою введення додаткового керуючого модуля. Додатковий модуль, що підключається, імітує функцію корекції, що дозволяє перетворити постійну швидкість головного руху, що задається системою ЧПК верстата, в варійовану. Не вимагаючи додаткових конструктивних змін в системі ЧПК верстата, метод дозволить модулювати швидкість головного руху в межах $\pm 10\%$ від величини швидкості заданої керуючою програмою (КП). Введена таким чином модуляція швидкості головного руху

верстата зменшує величину регенеративних коливань, які виникають при обробці маложорстких деталей. Запропонований спосіб універсальний і може бути реалізований на верстатах з ЧПК різних фірм-виробників.

Виклад основного матеріалу

Спосіб зниження регенеративних коливань шляхом модуляції швидкості головного руху при контурному фрезеруванні маложорстких складнопрофільних деталей є найбільш технологічним і ефективним [3] в порівнянні з іншими відомими способами .

Однак, практична реалізація принципу модуляції швидкості головного руху на верстатах з ЧПК має складності. Основна проблема обумовлена тим, що функція модуляції частоти обертання шпинделя в існуючих системах ЧПК верстатів не передбачена. Існуючі способи здійснення модуляції, в більшості своїй, припускають втручання в структуру системи ЧПК і її конструктивних змін. На сьогоднішній день, це також є проблемою, тому що фірми-виробники, як правило, не допускають втручання в структуру ЧПК, що обмежує можливості її модернізації.

Існуючі способи обійти це обмеження являють собою модуляцію швидкості головного руху, що реалізується за рахунок штучного збільшення кадрів в КП, в яких передбачено зміну частоти звернення шпинделя (адреса S). Такий шлях є трудомістким, вимагає ускладнення КП і сильного збільшення її розмірів за рахунок значного зростання кількості кадрів. Крім того, при використанні інтерполяції КП і так розбиває траєкторію на надмалі ділянки. У зв'язку з цим ефективність такого методу різко знижується.

Запропонований в цій статті метод дозволяє позбутися перерахованих вище недоліків. Не вимагаючи конструктивного втручання в систему ЧПК, він також не вимагає змін КП. Керування модуляцією швидкості різання здійснюється шляхом імітації сигналів, що приходять в систему ЧПК з верстатного пульта. Для практичної реалізації методу використовується коректор частоти обертання шпинделя, який знаходиться на пульті програмного керування верстатом. Під час відпрацювання КП система ЧПК постійно опитує стан коректора і в залежності від його положення коригує завдання, що відправляється на привід головного руху верстата. В розрив цього ланцюга, було введено спеціальну коригуючу ланку, яка дозволяє здійснювати керування частотою обертання шпинделя згідно із заданими параметрами модуляції. Цей шлях є більш простим для практичної реалізації, не вимагає великих трудовитрат і може бути легко реалізований на верстатах з різними системами ЧПК.

Основна концепція розробленого методу полягала в можливості здійснювати модуляцію швидкості головного руху за різними законами в необхідних межах, з регульованою частотою і, що суттєво, без конструктивних втручань в жорстку структуру системи ЧПК. Важливою є також можливість реалізації способу на системах ЧПК різних фірм-виробників.

Спосіб реалізований на фрезерному верстаті OMM64SC виробництва ХК «Мікрон», оснащеному системою ЧПК Siemens 802D. Коригуюча ланка, що складається з додаткової плати вводу-виводу E-14-140 фірми «L-CARD» (рис. 1) і ноутбука, підключається до ланцюга коректора регулювання частоти обертання шпинделя. Для контролю швидкості обертання шпинделя було використано круговий енкrementальний енкодер HTR-5B-100 (рис. 2).



Рис. 1. Зовнішній вигляд плати E-14-140

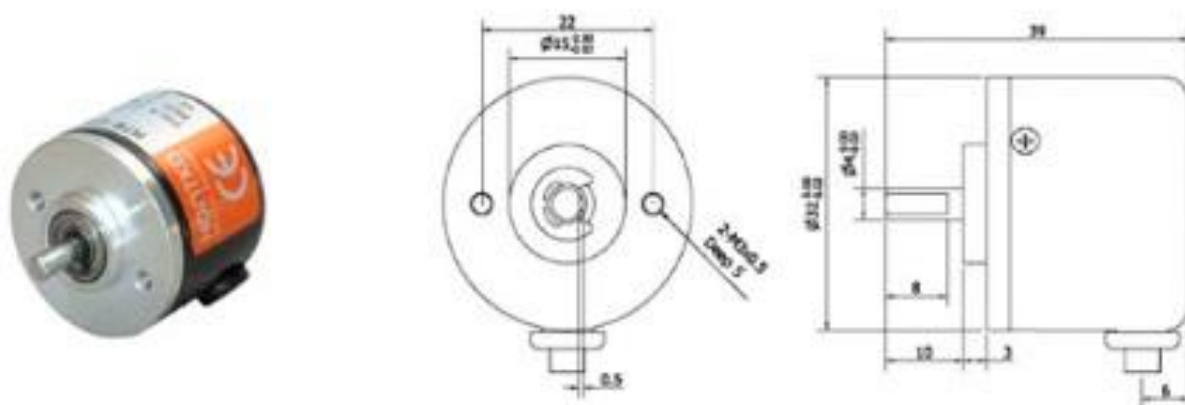


Рис. 2. Зовнішній вигляд і габаритні розміри кругового інкрементального енкодера PEK-5B-100

Були проведені експериментальні дослідження для встановлення взаємозв'язку між глибиною і частотою модуляції при різних частотах обертання шпинделя, а також визначені можливі границі режимів модуляції швидкості при роботі приводу головного руху верстата в різних діапазонах.

Дослідження проводилися в трьох діапазонах зміни частоти обертання шпинделя:

- 800 – 1200 хв^{-1}
- 900 – 1100 хв^{-1}
- 1800 – 2200 хв^{-1}

Зміна частоти обертання шпинделя здійснювалося дискретно програмним способом з частотою 0.5, 1 і 5 Герц.

Результати експериментів представлені у вигляді графіків залежності зміни реальної частоти обертання шпинделя верстата у часі.

Графіки, представлені на малюнках 3-11, показують залежність реальної частоти обертання шпинделя від частоти модуляції швидкості для трьох фіксованих діапазонів роботи двигуна головного руху верстата.

Частота модуляції 0,5 Гц.

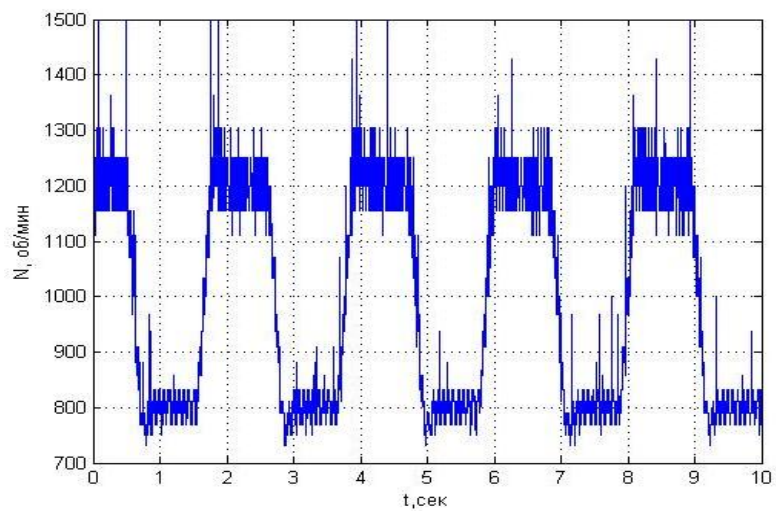


Рис. 3. Діапазон частоти обертання шпинделя 800-1200 хв^{-1}

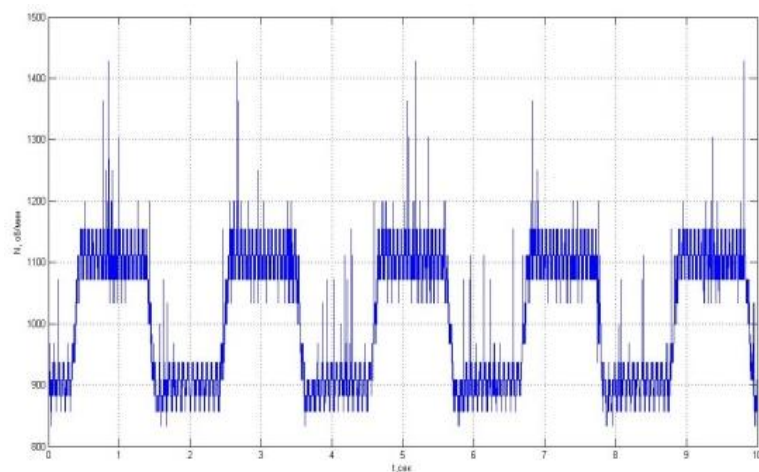


Рис. 4. Діапазон частоти обертання шпинделя 900-1100 хв^{-1}

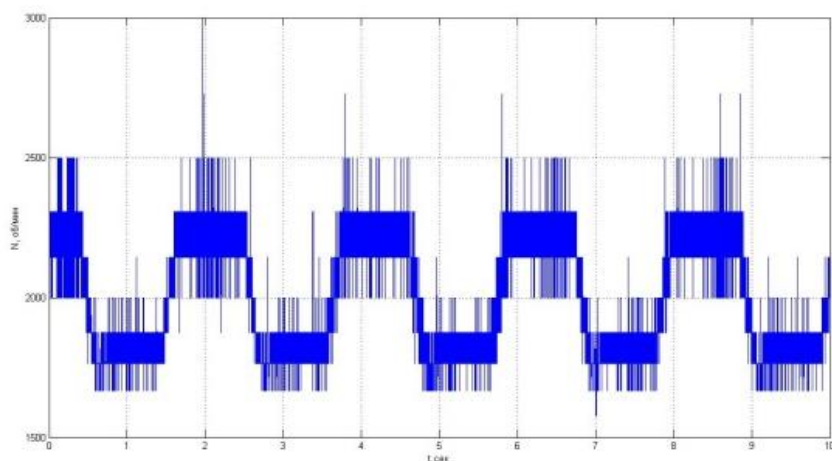


Рис. 5. Діапазон частоти обертання шпинделя 1800-2200 хв^{-1}

Частота модуляції 1 Гц.

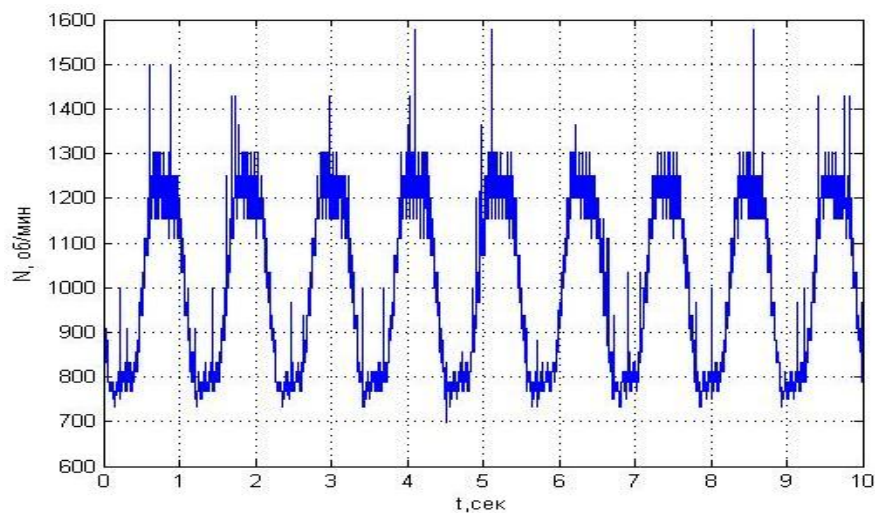


Рис. 6. Діапазон частоти обертання шпинделя 800-1200 хв^{-1}

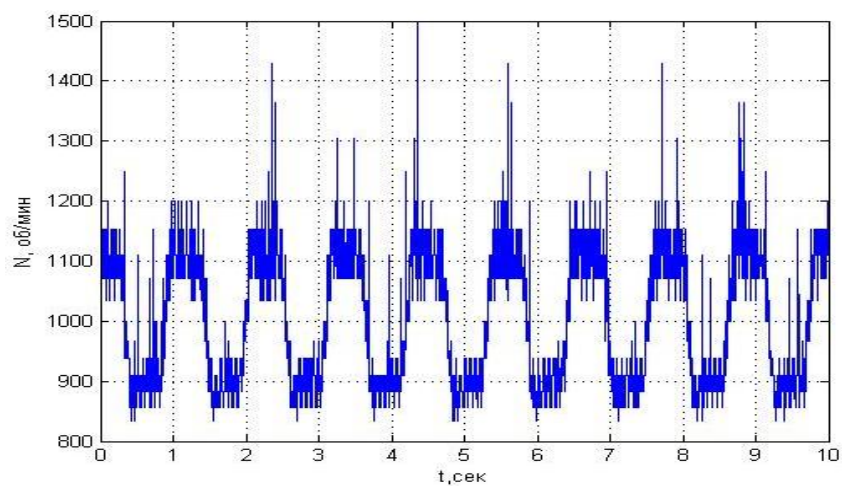


Рис. 7. Діапазон частоти обертання шпинделя 900-1100 хв^{-1}

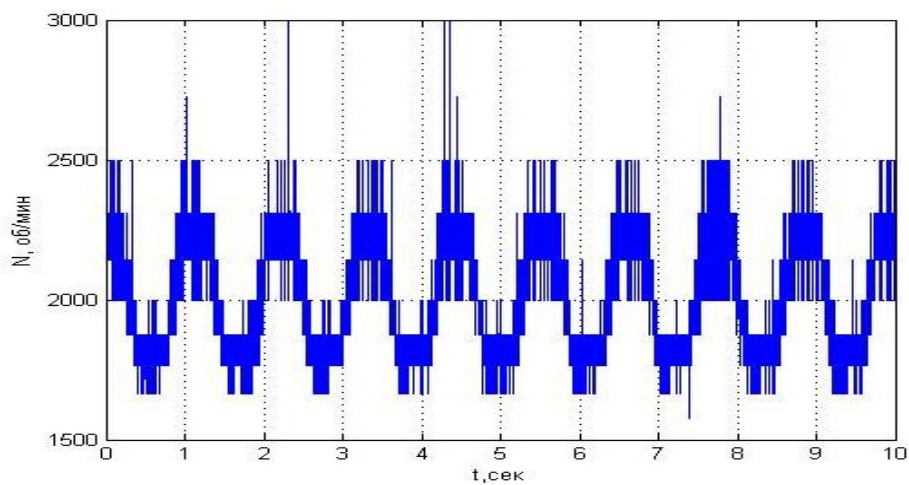


Рис. 8. Діапазон частоти обертання шпинделя 1800-2200 хв^{-1}

Частота модуляції 5Гц.

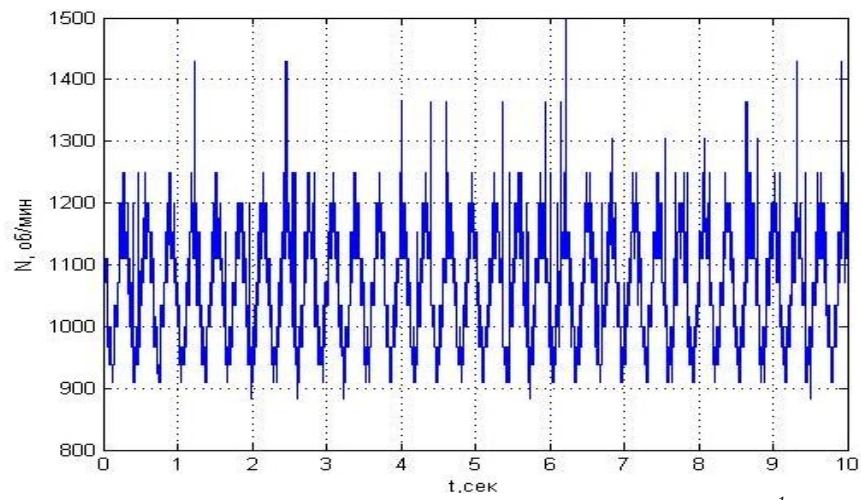


Рис. 9. Діапазон частоти обертання шпинделя 800-1200 хв^{-1}

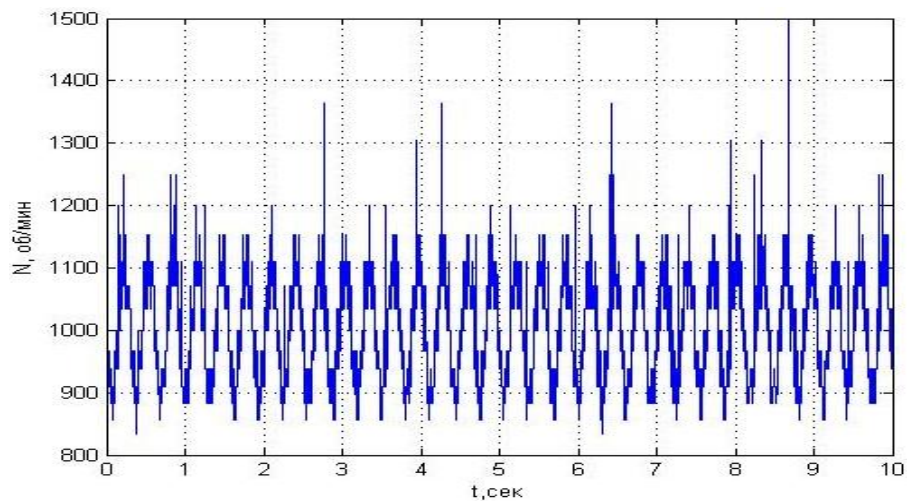


Рис. 10. Діапазон частоти обертання шпинделя 900-1100 хв^{-1}

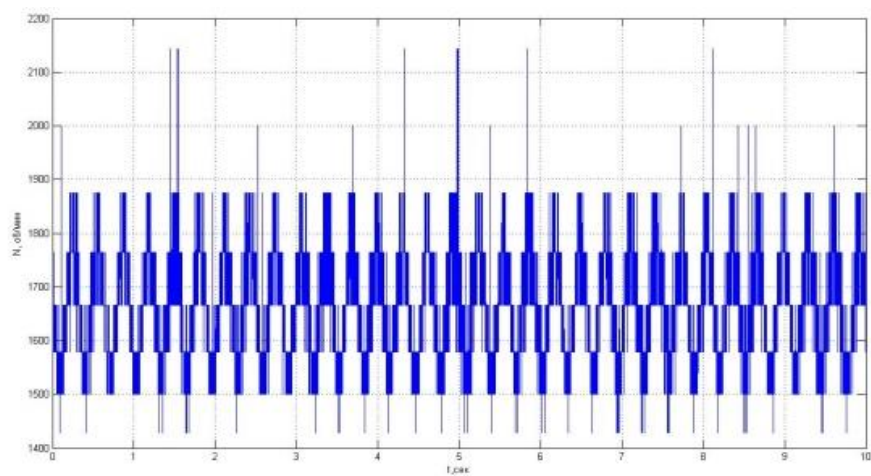


Рис. 11. Діапазон частоти обертання шпинделя 1800-2200 хв^{-1}

Експериментально підтверджено, що ефективно здійснювати модуляцію можна в області припустимих режимів роботи приводу головного руху верстата. Область припустимих і неприпустимих режимів приводу визначається співвідношенням величини корекції швидкості і частоти її модуляції.

На рис. 12 показана припустима область режимів модуляції для верстата OMM64SC. Область безвібраційних режимів різання може бути визначена за допомогою побудови математичної моделі [6]. Однак ефективне використання математичної моделі припускає розробку цієї моделі для конкретних умов, що ускладнює практичне використання такого способу.



Рис. 12. Області роботи приводу головного руху

В діапазоні обертання шпинделя до 1500 хв^{-1} і великих частотах перемикання між швидкостями (менш ніж 5 Гц), верстат досить точно відпрацьовує завдання на зміну швидкості.

У діапазонах обертання шпинделя понад 1500 хв^{-1} область допустимого діапазону буде забезпечуватися за рахунок зменшення частоти модуляції (менш ніж 5 Гц).

В результаті проведення робіт вдалося домогтися істотного зниження величини регенеративних коливань при обробці маложорстких деталей на фрезерних верстатах з ЧПК.

Висновки

За результатами проведених експериментів та на підставі аналізу наведених графіків можна зробити такі висновки:

- Система ЧПК Siemens 802D при використанні додаткового зовнішнього модуля допускає керування частотою модуляції швидкості головного руху в усьому допустимому діапазоні частот обертання приводу згідно з паспортними даними верстата OMM64SC;
- В діапазоні обертання шпинделя до 1500 хв^{-1} і невеликих частотах модуляції швидкості (менше 5 Гц) верстат досить точно відпрацьовує завдання на зміну швидкості;
- В діапазонах обертання шпинделя понад 1500 хв^{-1} область допустимого діапазону глибини модуляції може забезпечуватися тільки за рахунок зменшення частоти модуляції (менше 5 Гц) або істотного зниження її амплітуди, однак в разі істотного зниження амплітуди спостерігається падіння ефективності;
- В діапазонах обертання шпинделя понад 1500 хв^{-1} і частотах модуляції швидкості понад 5 Гц, привід верстата не в змозі повною мірою забезпечити відпрацювання завдання;
- Існують області допустимого і недопустимого режимів роботи приводу верстата, які допускають або не допускають здійснення модуляції швидкості головного руху. Ці області розділені граничним режимом, який не забезпечує надійне здійснення модуляції;
- Величина і форма цих областей залежать від співвідношення частоти і амплітуди модуляції швидкості головного руху.

• Список літератури:

1. Зелинский С.А. Управление точностью обработки криволинейных поверхностей на фрезерных станках С ЧПУ. Материалы 3-й Международной конференции "Стратегия качества в промышленности и образовании" 2008г. Варна. Том I, с.405-408
2. Тонконогий В.М., Оргиян А.А., Голобородько А.М., Перпери Л.М. Механизм возникновения колебаний при обработке однолезвийными коническими развертками одностороннего резания // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: ХПИ, 2014. – Вып. 84. – С. 215 – 222.
3. Свинин В.М. Фрезерование с модулированной скоростью резания/ Под. ред. А.И. Промтова – Иркутск: Изд-во Ир:ТТУ, 2007, – 304 с.
4. Внуков Ю.Н. Оценка эффективности и качества обработки тонкостенных деталей при концевом фрезеровании. / Ю.Н. Внуков, А.И. Гермашев, П.А. Каморкин, Е.Б. Козлова// Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. - Одеса, 2014, вип. 2(7). – с. 97 - 108
5. Качан А.Я. Особенности колебаний деталей газотурбинных двигателей при высокоскоростном строчном фрезеровании [Текст] / А.Я. Качан, Ю.Н. Внуков, Д.В. Павленко, Г.В. Карась, С.В. Мозговой // Вісник двигунобудування. – 2007. – №1. – С. 69-76.
6. Зелинский С.А., Морозов Ю.А., Серебрий Ю.А. Математическая модель контурного фрезерования нежестких деталей // Праці ОНПУ 2015. Вип. 2(36). – с. 21-24.