

RESEARCHES OF THE INTELLIGENT COMPUTER CONTROL DURING TURNING AND DRILLING

V. GEORGIEV, A. LENGEROV, I. CHETROKOV,
S. LILOV, S. SALAPATEVA

Abstract: The development of the machines with CNC, computer technologies, software and informational technologies offers the opportunity for application of new technologies for quality control in the process of machining. In this paper are presented the results of the conducted researches according to a scientific project for the implementation of the intelligent computer control during turning and drilling, a work done by the team of authors.

ВЪВЕДЕНИЕ. Непрекъснатото усъвършенстване на изделията на машиностроенето и повишените изисквания към тяхното качество налагат внедряването в производството на технологии и материали, съответстващи на изискванията към това качество. В края на XX век развитието на научното познание за процеса механично обработване, на информационните технологии, компютърната техника и металорежещите машини достигна ниво, което дава възможност за качествено нов подход в управлението на процеса. В основата му е заложено интегриране на познанието за процеса, представено като база данни, с адаптивното управление в реално време при осъществяване на обработването и със след оперативния контрол за попълване на базата данни и самообучение на системата.

В периода 1997 – 2002 г. се разработват концепцията и стратегията за научни изследвания в областта на интелигентното компютърно управление (INC) и успоредно се създават и изследват експериментално такива системи за някои по-елементарни процеси, като свредловане, резбонарязване.

Изследователски екип от университета в Киото - Япония, в консорциум с изследователски технологични центрове от водещи фирми, като Mitsubishi Electric Corp., Yamazaki Mazak Corp, Yazda Precision Tools K.K. и др. в периода 1997 – 2002 г. осъществява научен проект за интелигентно компютърно управление при свредловане, резбонарязване и фрезование [1].

Друг изследователски екип под ръководството на проф. Ямазаки от Калифорнийския технически университет по механика и аеронавтика развива идеята за интелигентна CNC система, наречена TRUE-CNC, която е базирана на ЦПУ машини с отворена архитектура [2]. Наименованието TRUE съответства на качествата “Transparent”, “Transportable”, “Transplantable”, “Revivable”, “User-Reconfigurable” и “Evolving” (прозрачен, мобилен, взаимозаменяем, регенериращ се, потребителски ре конфигурируем, отворен за развитие).

В Русия изследванията в областта на INC се развиват основно върху модели на изкуствения интелект и невронните мрежи [3,4,5]. Системите за оптимално управление на процеса механично обработване се изграждат чрез обединяване на диагностични модели на процеса базирани на изкуствени невронни мрежи, генетични алгоритми за оптимизация на режимите на работа и експертни системи за натрупване на знания. В модела изкуствените невронни мрежи се използват за диагностика на формообразуването, качеството на обработената повърхнина и динамичните характеристики на процеса рязане, като се използват косвени методи на контрол. За оптимизация на операцията се използват успоредно експертна система и генетични алгоритми. Това съчетание дава възможност за по-универсално приложение на метода. Експертната система осигурява по-висока точност при определяне екстремума на целевата функция (точност, производителност, себестойност), но изисква достатъчен обем априорни знания за процеса. Следователно е приложима при производства с голяма серийност за да има достатъчен ресурс от време на експлоатация за натрупване на база данни и самообучение. Генетичните алгоритми са по-неточни но работят и при ограничен ресурс на базата данни.

Екипът ангажиран с настоящия проект има изследвания и реализации в областта на адаптивното управление и активния контрол при машини с ЦПУ, които могат да се използват като елемент на интелигентно компютърно управление.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА

Изследвания за INC при струговане.

Изследванията се базират на натрупания опит за осъществяване на активен контрол и адаптивно управление при машини с ЦПУ. Предварителните изследвания са насочени към такъв вид управление, при което ще се използват ресурсите на машината и нейните сензорна система и ситема за управление. Допълнено се използва компютърна система, която разполага с база данни, обработва в реално време информацията от сензорната система и комуникира със системата за ЦПУ за управление на процеса. С други думи, не се налага усложняване на машината с допълнително вградени устройства за контрол и управление. При тези предпоставки адаптивното управление се базира на математически модели за влиянието на различните видове грешки върху размерообразуването и

формообразуването. Например, при грубото струговане, където основният източник на грешки са силовите деформации на технологичната система, се използват модели за влиянието на режима на рязане върху тях, които имат вида:

$$(1) \quad y = \varphi[a, (HB), f, V_c, M(x_M, y_M, z_M)].$$

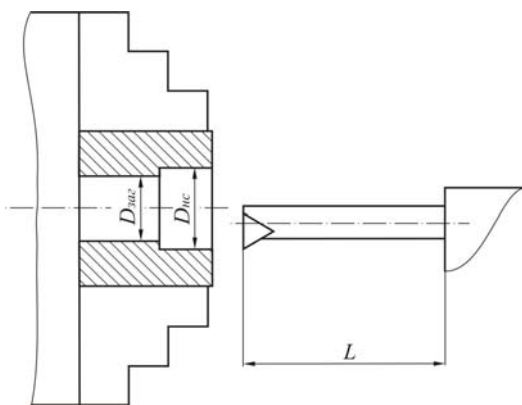
Тук деформацията y се разглежда като функция на твърдостта на заготовката HB , елементите на режима на рязане a, f, V_c и координатите на приложната точка на силата на рязане $M(x_M, y_M, z_M)$.

Следователно, след измерване на размерите на заготовката и нейната твърдост преди обработването, може да се определи деформацията на технологичната система от функцията (1) и да се внесе съответна корекция в режима на рязане или в размерното настройване за компенсирането и. Такива модели са получени и изследвани за конкретни условия на работа [6] и е реализирано адаптивно управление за намаляване на влиянието на силовите деформации върху точността при грубо струговане [7].

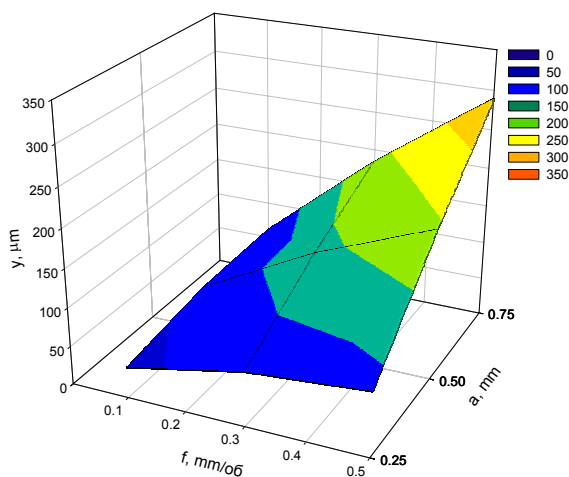
Активният контрол при чисто и фино струговане е целесъобразно да се базира на контрол на размера на обработената повърхнина, след като е завършило обработването. По този начин се гарантира надеждно и точно измерване, като се избягва влиянието на стружките, мазането и охлаждането, топлинните изменения и трептенията, ако контролът е по време на обработването. Точностните възможности на активния контрол след обработването (АКСО) са анализирани за случаите на струговане с ЦПУ при различни схеми на контрол [8] и е установено, че при малки по обем партии е подходящо да се използва контрола на всеки от поредно обработените детайли. Не са подходящи условията за използване на малки текущи извадки и работа с групите средни размери. За прилагането на избрания метод на контрол е разработен нов подход за статистическа обработка на информацията от контрола [9], който дава възможност да се постигне висока точност на АКСО при струговане с ЦПУ. Методът е реализиран при чисто обстъргване и е потвърдена неговата работоспособност и ефективност. Постигнато е трикратно намаляване на разсейването на размерите в границите на ресурса от размерна трайност на инструмента, в сравнение с чисто обстъргване без АКСО.

Изследванията в настоящия проект са продължение и доразвитие на идеите от предишните изследвания, които си поставят за цел да се обединят адаптивното управление с активния контрол в единна система за интелигентно компютърно управление. Обект на изследването е разстъргване с конзолен инструмент, при което с класическите технологии трудно и ниско производително се постига висока точност. За осъществяване на идеята е прието обработването да се осъществи на два прехода, грубо и чисто разстъргване. След анализ за качеството и точността на обработената повърхнина е отхвърлена идеята за адаптивно управление

при чистото обработване. Приет е вариантът грубо разстъргване с адаптивно управление и АКСО при чистото разстъргване. По този начин се намалява значително разсейването на прибавката за чистото обработване, а следователно и големината на мигновеното поле на разсейване, което е важен фактор за точността на АКСО.



Фиг.1



Фиг.2

$$(2) \quad y(a, f) = 8 + 71,4a + 8,1f + 925af - 120,4a^2 - 219,3f^2.$$

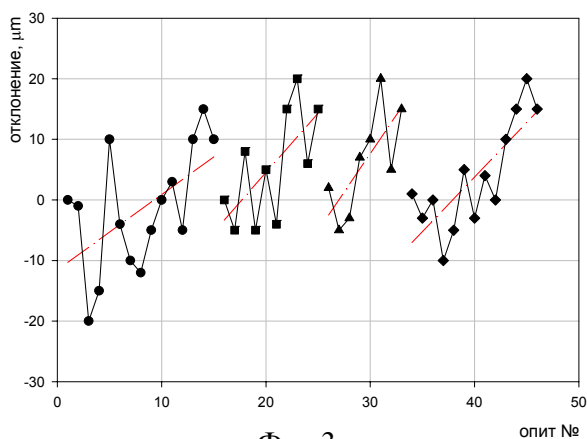
Графичната интерпретация на получения модел е показана на фиг.2.

Разработени са алгоритъм и програма за компютърното управление, базирани на получения модел. Прието е адаптивното управление да се извърши с регулиране на подаването. Обработена е партида заготовки, като подаването за всяка се определя от уравнение (2), според дълбочината на рязане. За конкретния случай полето на разсейване на размерите с адаптивно управление е намалено 6 пъти спрямо това без адаптивно управление.

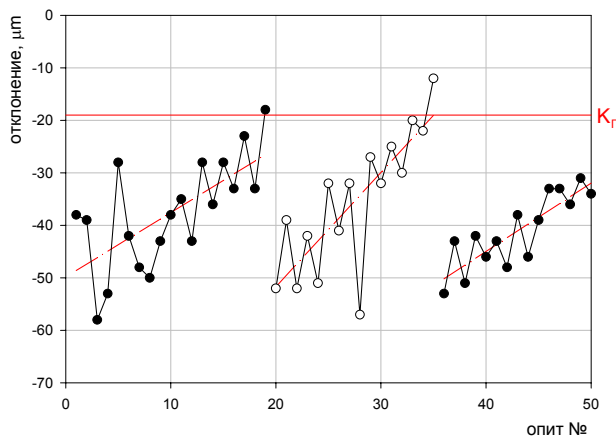
За реализиране на интелигентното компютърно управление, като е използван планиран експеримент е получен модела за силовите деформации при конкретни условия на обработване. Схемата на обработване е представена на фиг.1. Дължината на инструмента L е константа за времето на обработване и не е включена като фактор в модела. Дълбочината на рязане се задава, като се използват стъпални заготовки. Двете стъпала се обработват с еднакво подаване, според плана на експеримента. Разликата между радиусите на двете стъпала след разстъргването се приема за големина на силовата деформация на системата.

Уравнението на регресия в натурални координати има вида:

За осъществяването на АКСО са разработени алгоритъм [10] и необходимото програмно осигуряване. В алгоритъма са заложили две стратегии, според допуска на обработената повърхнина и мигновеното поле на разсейване. Ако мигновеното поле на разсейване е по-голямо от 40% от допуска, процесът е класифициран като такъв с малък ресурс на точност. Обратно, ако е по-малко от 40%, той е с голям ресурс на точност. В първия случай се прилага оригинален алгоритъм, който дава възможност за максимално използване на точностните възможности на машината при този процес, характерен с голямо мигновеното поле на разсейване [9,10]. Този алгоритъм и софтуер са изследвани при обстъргване на партида заготовки. На фиг.3 са представени резултатите от работа с АКСО на струг СТ161.



Фиг.3



Фиг.4

В рамките на изработената партида от 46 детайла се получава $\omega_{\Sigma_1} = 40 \mu m$, $\omega_{\Sigma_2} = 120 \mu m$. Следователно, може да се направи извода, че сумарното поле на разсейване при работа с АКСО е намалено три пъти.

С разработения софтуер за компютърно управление е направена симулация на АКСО при голям ресурс на точност. За целта е използвана партидата детайли, за която размерите след чисто обстъргване са представени на фиг.3, като са елиминирани поднастроечните импулси. За да се удовлетвори условието за голям ресурс на точност е зададен допуск за девета степен на точност $T = 74 \mu m$ и мигновено поле на разсейване $\omega = 28 \mu m$.

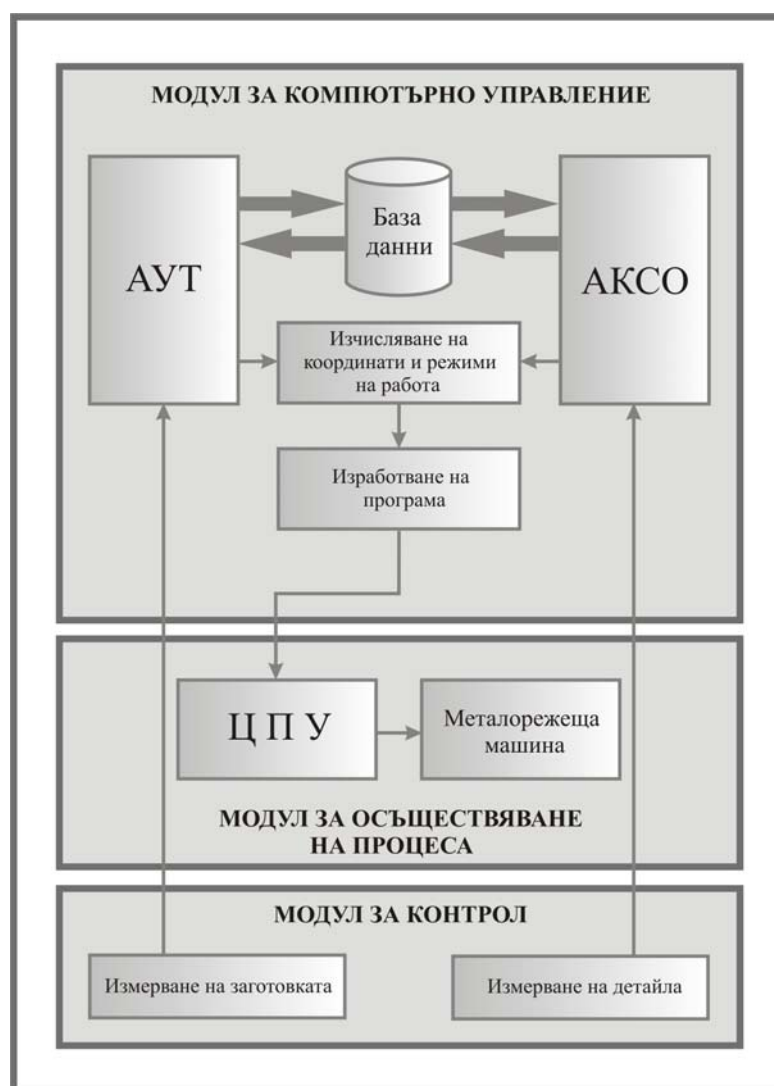
Графично получените резултати са показани на фиг.4.

Вижда се, че в рамките на партидата са извършени две размерни поднастройвания. Сигналят за първото поднастройване е възникнал след

обработването на детайла с пореден номер 19, а сигналът за второто поднастройване е възникнал след обработване на детайл с пореден номер 16, за които размерите са се получили по-големи от горната контролна граница. За третата група детайли размерите не достигат до горна контролна граница, поради което не е възниква сигнал за размерно поднастройване

Проведените изследвания доказват приложимостта на разработените алгоритми и софтуер.

Обединяването на активния контрол с адаптивното управление в единна система за интелигентно компютърно управление е представено с блок-схемата на фиг.5.



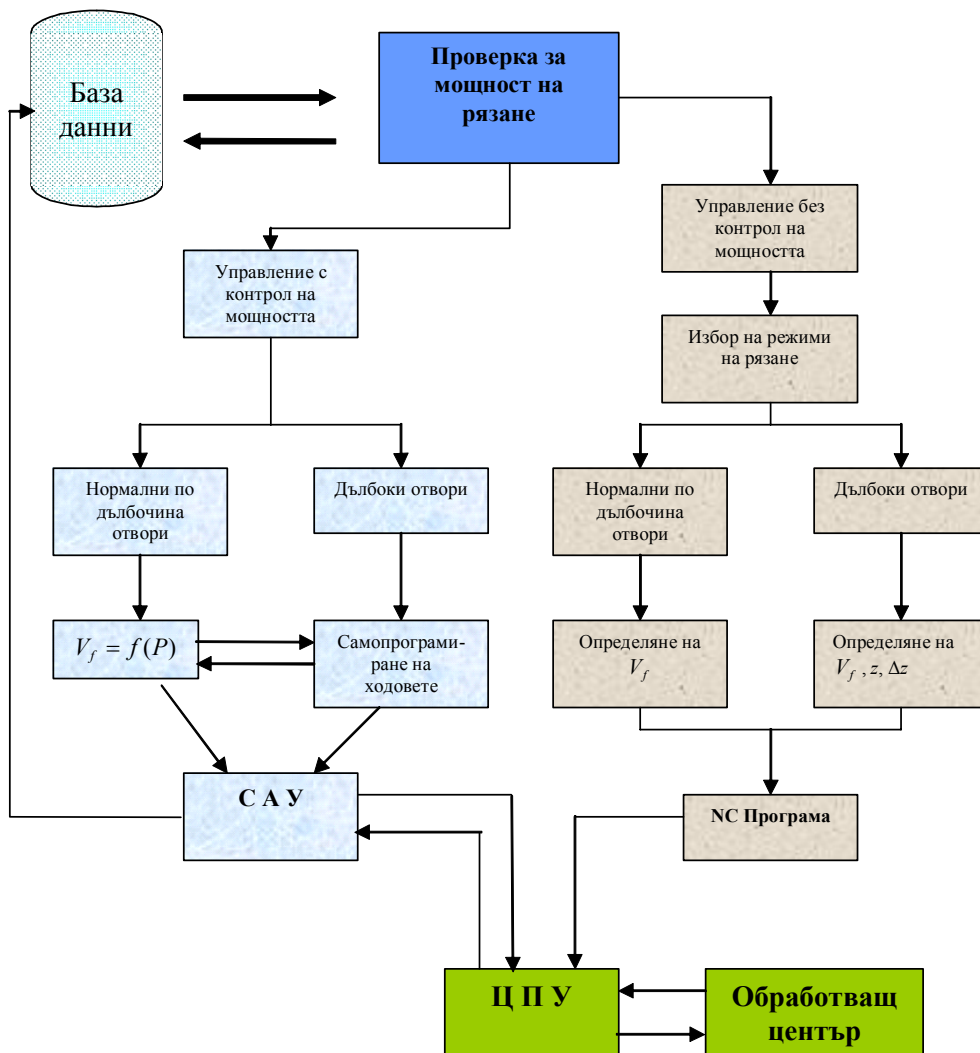
Фиг.5

Разграничават се три модула на системата:

- Модул за контрол, който включва контрол на заготовките преди обработването и контрол на детайлите след обработването;
- Модул за осъществяване на процеса, който включва металорежещата машина и системата за ЦПУ;
- Модул за компютърно управление, който осъществява създаването на управляващата програма и внася корекции в нея по резултатите от контрола на заготовките и обработените детайли.

Изследвания за INC при свредоване.

Идеята за интелигентно компютърно управление при свредоване е представена с блок-схемата на фиг.6 [14].



Фиг.6

Разграничени са два подхода на управлението. Първият представя алгоритъма на управление, когато се контролира мощността на рязане. Той е приложим за инструменти, при които мощността на рязане е съизмерима с мощността на празен ход на задвижването. Това е предпоставка за достатъчна чувствителност и точност на контрола на мощността на рязане, за да се осъществи адаптивно управление. Критерият за преценка, мощност на рязане – мощност на задвижването, е елемент на базата данни. Той определя изборът на алгоритъм за управление.

При удовлетворяване на критерия за управление по мощността на рязане, са възможни два подхода, според дълбочината на отвора:

- с управление на подаването;
- със самопрограмиране броя на работните ходове.

И в двата алгоритъма от базата данни се определя допустимия въртящ момент за конкретните условия на работа (инструмент, материал на заготовката, скорост на рязане).

В първия случай от базата данни, актуализирана със системата за самообучение, се избира началната скорост на подавателното движение. Установяването на действителната скорост се осъществява от системата за адаптивно управление по резултатите от контрола на въртящия момент в реално време.

Във втория случай се работи с постоянно подаване, определено от базата данни, както в първия случай. При достигане на въртящия момент до допустимия, определен от базата данни, процесът се прекъсва, свредлото се отвежда назад за почистване на стружките, като се запомня координатата на прекъсване, подвежда се инструмента на бърз ход напред до запомнената координата и продължава обработването с работно подаване. Този цикъл на работа се повтаря до обработването на цялата дължина на отвора, която е зададена в системата за ЦПУ.

Когато критерият за управление по мощността на рязане не е удовлетворен, изборът на алгоритъм се извършва от базата данни според дълбочината на отвора:

- при отвори, които не изискват дълбокопробивен цикъл от базата данни се избира скорост на подавателното движение, която за конкретните условия на работа е определена от натрупан производствен опит;
- при отвори, които изискват дълбокопробивен цикъл, от базата данни се определят параметрите му, които са препоръчителни от натрупан производствен опит [12].

Предложената система за интелигентно компютърно управление дава възможност за реално осъществяване на научните постижения при управление на процеса свредловане в съвременните обраборващи центри с ЦПУ.

Усъвършенстването на системата ще се осъществява с обогатяването и непрекъснатото обновяване на базата данни, което ще е задача на многостранен обмен на научен и производствен опит.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Получените резултати доказват възможностите за съществено повишаване на точността и производителността при струговане, както и на производителността и надеждността при свредловане, като се използват системи за интелигентно компютърно управление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sato, et al. High Speed and High Productive Drilling by Intelligent Machine Tools – Integration of the cutting conditions planning and adaptive control for drilling. Proc. of the Japan - USA Symposium on Flexible Automation. 13061, 2000.
2. Yamazaki, et al. Autonomously Proficient CNC Controller for High-Performance Machine Tools Based on an Open Architecture Concept. Annals CIRP, 46-1, pp.275-278, 1997.
3. Кабалдин Ю.Г. и др. Управление технологическим оборудованием на основе искусственного интеллекта. Вестник машиностроения, 2001, №11, стр.52-57.
4. Кабалдин Ю.Г. и др. Применение нейросетевых моделей процесса резания в системах адаптивного управления. СТИН, 2002, №3
5. Тугенгольд А.Д. и др. Интеллектуальное управление станком по состоянию элементов технологической системы. СТИН, 1997, №3.
6. Георгиев В. И., И. Четроков. Изследване на силовите деформации в работното пространство на ММ с ЦПУ. Известия на ТУ в Пловдив, том 10 “Технически науки”, 2003.
7. Георгиев В. И., И. Четроков. Комплексно адаптивно управление за стабилизиране и компенсиране на силовите деформации при ММ с ЦПУ. Сб. Машиностроителна техника и технологии. ТУ-Варна, 2003.
8. Георгиев В. И., С. Ч. Салапатева. Влияние на точността на процеса и размерната трайност на инструмента върху ефективността на активния контрол с поднастройване. Известия на ТУ в Пловдив, том 10 “Технически науки”, 2003.
9. Георгиев В.И., С.Ч.Салапатева. Изследване на процеса обстъргване за въвеждане на активен контрол с поднастройване при СТ161. Трудове на научната сесия РУ-2003. Русе, 2003.
10. Салапатева. Алгоритъм за активен контрол с поднастройване при струговане с ЦПУ. «Трудове на научната сесия РУ,2004». Русенски университет, 2004.
11. Vasil Georgiev, I. Chetrokov, S.Salapateva. INTELLIGENT LATHE TURNING COMPUTER CONTROL SYSTEM MODEL. Scientific Conference with International Participation “MANUFACTURING AND MANAGEMENT IN 21ST CENTURI”. Ohrid, 2004.
12. В.Георгиев. С. Лилов. ЦЕЛЕСЪОБРАЗНОСТ НА АДАПТИВНОТО УПРАВЛЕНИЕ ЧРЕЗ РЕГУЛИРАНЕ НА ПОДАВАНЕТО ПРИ СВРЕДЛОВАНЕ НА ДЪЛБОКИ ОТВОРИ. Scientific Conference with

International Participation “MANUFACTURING AND MANAGEMENT IN 21ST CENTURY”. Ohrid, 2004.

13. В.Георгиев, И. Четроков, С. Салапатева. ЕДНА ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО КОМПЮТЪРНО УПРАВЛЕНИЕ НА ТОЧНОСТТА ПРИ СТРУГОВАНЕ. Международен конгрес «Машиностроителни технологии МТ – 04», Варна, 2004.
14. В.Георгиев, С. Лилов. НЕОБХОДИМОСТ ОТ ИНТЕЛИГЕНТНО КОМПЮТЪРНО УПРАВЛЕНИЕ ПРИ СВРЕДЛОВАНЕ НА CNC ОБРАБОТВАЩИ ЦЕНТРИ. Международен конгрес «Машиностроителни технологии МТ – 04», Варна, 2004.

ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО КОМПЮТЪРНО УПРАВЛЕНИЕ ПРИ СТРУГОВАНЕ И СВРЕДЛОВАНЕ

**В. ГЕОРГИЕВ, А.ЛЕНГЕРОВ, И.ЧЕТРОКОВ,
С. ЛИЛОВ, С. САЛАПАТЕВА**

Резюме: Развитието на машините с ЦПУ, компютърната техника, софтуерното осигуряване и информационните технологии, дават възможност да се приложат принципно нови технологии за управление на качеството в процеса на механичното обработване. В настоящата работа се представят резултати от проведени изследвания по научен проект за осъществяване на интелигентно компютърно управление при струговане и свредловане, дело на авторския екип.

SOFIA TECHNICAL UNIVERSITY, PLOVDIV BRANCH
DEPARTMENT OF MACHINE-BUILDING TECHNOLOGIES
AND MANUFACTURING EQUIPMENT
25 Tsanko Dyustabanov St., 4000 Plovdiv, Bulgaria
Tel.: +359 32 659611 Fax:+359 32 659740
E-mail: mtpt@tu-plovdiv.bg