

DEFINITION OF THE TERMS AND REQUIREMENTS FOR EFFECTIVE MANAGEMENT OF ACCURACY ON TURNING⁸

Assist. Prof. Svetlana Koleva, PhD

Department of Technology of Machine Tools and Manufacturing,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 082888653
E-mail: svetla@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Milko Enchev, PhD

Department of Technology of Machine Tools and Manufacturing,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 082888653
E-mail: menchev@uni-ruse.bg

***Abstract:** This article defines the conditions and requirements for wider application of automatic dimensional setup systems, as a modern solution for increasing the efficiency of technological processes. The prerequisites for the technical and economic expediency, the conditions (restrictions) for their application are determined. The problems related to the means and algorithms of the re-setup systems are analysed and the specific tasks for their solution are formulated.*

***Keywords:** turning, accuracy, technological setup, re-setup algorithm.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Осигуряването на точността е основна задача на машиностроителното производство. По отношение на този основен показател, отделът за управление на качеството въвежда организационни и технически решения, свързани с входящия контрол на материалите и заготовките, изходящ контрол на готовата продукция и стандартите, които да гарантират съответствие на произвежданата продукция с международните изисквания.

Изборът на подход за управление на точността се определя основно от мащабите на производство, но и от условието неговото прилагане да повишава ефективността с минимални разходи на време и средства (Dimitrov D., 2013). Последното се превръща в значим фактор в условията на широкономенклатурното производство.

По-долу се разглеждат някои от системите за управление на точността, намерили приложение в съвременното стругово обработване на детайли.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Две са предпоставките за приложение на автоматизираните системи за управление на точността, определящи техническата и икономическата им целесъобразност:

- точност и надеждност в нейното осигуряване, която да е равностойна или по-висока от тази, постигана с управление от човека, включително по време на преходните процеси (началното и текущо размерно настройване) (Enchev M., Koleva S. 2013);

- частично или напълно освобождаване на оператора от изпълнението на тази основна функция, свързана с обслужване на машинния процес.

Втората предпоставка определя икономическата целесъобразност от внедряването на автоматизираните системи. В редица производства работната заплата е доминираща в технологичните разходи и съществува съвременна тенденция от недостиг от кадри. Като се

⁸ Докладът е представен в секция „Механика и машиностроителни технологии“ на 13 ноември 2020 с оригинално заглавие на български език: ДЕФИНИРАНЕ НА УСЛОВИЯТА И ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ЕФЕКТИВНО УПРАВЛЕНИЕ НА ТОЧНОСТТА ПРИ СТРУГОВОТО ОБРАБОТВАНЕ

отчита, че осигуряването на точността е една от най-заангажиращите и изискваща добра квалификация на операторите дейност, частично или напълно освобождаване на човека от изпълнението на тази основна функция е начина за решаване на тези проблеми. В този смисъл икономическата целесъобразност определя условия, при които разходите, свързани с прилагането на автоматизираните системи за управление на точността се компенсират от намаляване на разходите за единица продукция, поради възможността оператора да обслужва повече от едно работно място или увеличаване на произвежданите количества (приходите) при преминаване към двусменна и трисменна работа при условията на ограничено обслужване от човека.

Внедряването на системи за управление на точността е свързано с някои условия (ограничения):

- да се сведе до минимум изразходването на машинно време, което основно е свързано с автоматичното измерване върху машината;

- времето за въвеждането им в действие да прави целесъобразно тяхното приложение;

- ограничаване на времето за обслужване, изразходвано за въвеждане на данни от измерванията и за мониторинг на нормалната работа на самата система, като се автоматизират и се въвежда графично интерпретиране на резултатите за бързото им оценяване;

- времето между две поднастройвания да е равностойно или по-голямо от това, постигано с управление от човека, включително създаване на база данни с цел по-добри резултати при обработване на всяка следваща партида детайли.

Автоматичното измерване върху машината не осигурява по-висока точност от измерванията извън нея и е свързано с разход на машинно време. Основни възли (вретенен, подавателен, револверна глава) участват в измервателната система и характерните за тях позиционни грешки, топлинните деформации са съставна част от грешката на измерване. Допълнително повторните измервания за филтриране на случайните грешки и измерванията в няколко сечения за намаляване на влиянието на грешката във формата се ограничават поради нарастване разхода на машинно време. Аналитичните изследвания и резултатите, получени в производствени условия показват, че чрез автоматичните измервания върху обработващата машина, постиганата точност с достатъчно вярно приближение е с една степен по-ниска от тази, постигана с измерване извън нея (Enchev M. 2004). Тези характерни особености на измерването върху машината очертава областите на неговото ефективно приложение: при условията на ограничено участие на човека; при измервания, които изискват специални средства за извършването им извън машината, а недостатъчният обем на партидата прави неизгодно тяхното използване; обработването на неголеми партиди детайли по метода на пробните проходи.

Извънмашинният операционен контрол на обработваните детайли, изпълняван по къса измервателна размерна верига и не консумиращ машинно време, е с най-масово приложение. На този етап то се изпълнява от оператора. С предлагането на съвременни дигитални измервателни средства с подходящ интерфейс за връзка с машината или компютър, свързан с нея, се постига автоматизиране на предаването на данните. Автоматизирането на извънмашинния контрол с класическите КИМ се оказва неудачно за функциите на операционния контрол. Освен че са скъпи, те изискват обособени термостабилизирани помещения, което ги отдалечава от обработващите машини. През 2012г Renishaw предлага универсална и гъвкава измервателна система Equator™ gauging system – универсална система с цифрови шаблони (Equator™, Renishaw, 2012) – фиг.1. Практически това е оригинална измервателна машина за контактно и сканиращо измерване. Олекотената ѝ конструкция позволява измерване с по-големи скорости. Системата е с възможност за свързване (управление на точността) с няколко обработващи машини.



Фиг. 1. Измервателна система Equator™ gauging system на фирмата Renishaw

Тя работи в автоматизиран или автоматичен режим, когато е организирана в роботизирана клетка с обработващите машини (Kostadinov Ch., Peeva I., 2017). Нейно особено важно предимство, е че може да бъде инсталирана и да работи непосредствено в цеха. Относително високата цена, независимо от това, че не се изискват много време и разходи за нейната подготовка, свързана с контрола на нови детайли, прави системата на Renishaw с приложение за производства с по-големи партии, с по-сложен, по-обемин и 100% контрол (напр. космическа и авиационна промишленост, медицина и др.). Ако за тези условия може да се счита, че това е едно успешно и перспективно решение, то за типичното ширококоментурно производство автоматизирането на извън машинния контрол няма ефективно решение.

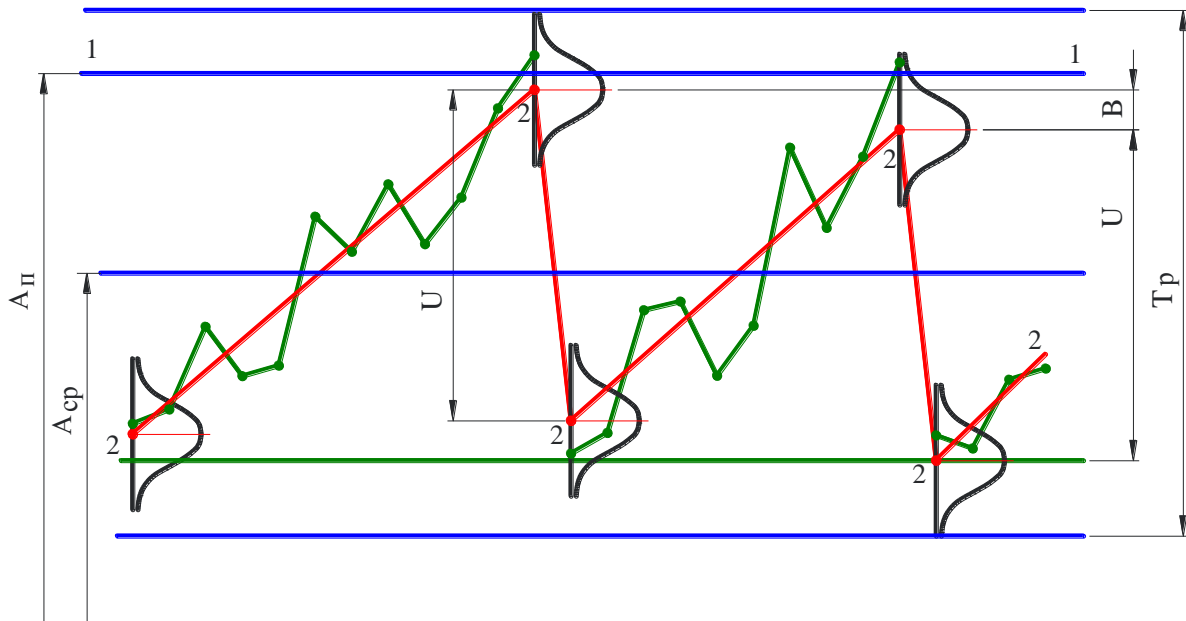
Важен момент, свързан с ефективното управление на точността, е подходящото обработване на размерната информацията, получена от измерванията. Размерообразуването е стохастичен процес, като изменението на управляваните систематични грешки е с проявление на случайна функция и се определя с два основни параметъра – интензивност на систематичния (α) и средно статистическо отклонение (σ) на случайния фактор. Стохастичният характер от гледна точка на управление на точността поражда отклонение на измерения размер от действителния. Проявлението му като случайна функция се изразява в промяна на интензивността на систематичния фактор във времето. Поради това двата параметъра са определящи (входни данни) за алгоритмите за управление на точността. При тези особености разработените алгоритми трябва да се оценяват по следните показатели:

- да филтрират максимално смущаващото въздействие на съпътстващите случайни грешки, което е в основата на постигане на висока точност;
- да са адаптивни по отношение изменение на интензивността на систематичния фактор – текущо да променят своите вътрешни параметри, съобразно конкретната им стойност;
- да са самонастройващи – да определят среднестатистическите стойности на α и σ ;
- да използват натрупаната информация за оптимизиране на точността и производителността (периодичността на поднастройване) в процеса на обработване на партидите.

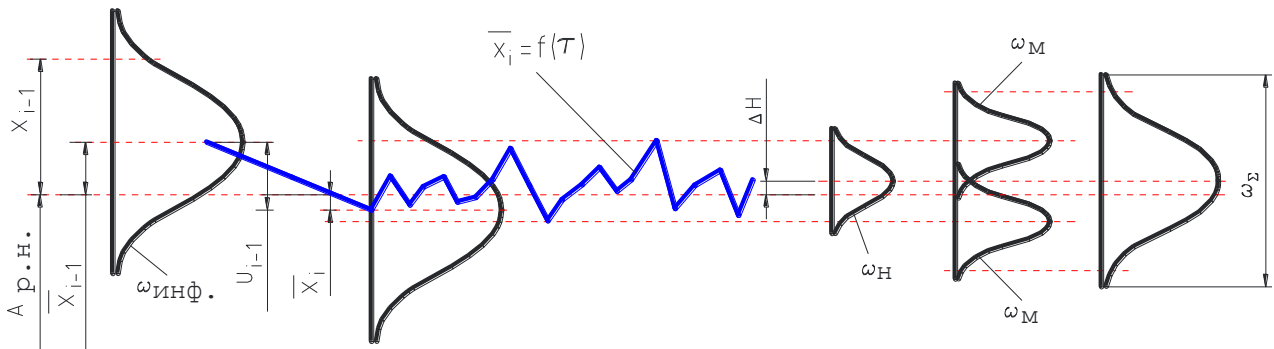
В разработените алгоритми по това, кога се формира поднастроечното (коригиращо) въздействие, се прилагат следните схеми:

- изработване на поднастроечно въздействие (импулс) при преминаване на контролирания размер над зададена граница, определена с размера на поднастройване (фиг. 2) (Georgiev V., Salapateva S., 2003, SINUMERIK, 2018).

- изработване на поднастроечен импулс при регистрирано отклонение от настройчния размер (фиг. 3) (Enchev M., 2006).



Фиг. 2. Схема на поднастройване по зададена граница: 1-1 – линия на поднастройване; 2-2 – линия на преместване на центъра на групиране на размера; $A_{п}$ – размер на поднастройване; U – поднастроечен импулс; $A_{ср}$ – среда на допусковото поле T_p ; B – зона на формиране на поднастроечния импулс



Фиг. 3. Схема на поднастройване при регистрирано отклонение от настройчния размер: ω_n – случайна грешка в настройването; Δ_n – постоянна грешка в настройването; ω_m – мигновено поле на разсейване; $\omega_{инф}$ – информационно поле; $A_{рн}$ – работен настройчен размер; X_{i-1} – измерено отклонение от $A_{рн}$; U_{i-1} – поднастроечен импулс; \bar{X}_{i-1} , \bar{X}_i – отклонение на центъра на групиране от $A_{рн}$; $\bar{X}_i = f(\tau)$ – движение на центъра на групиране на размерите във времето; ω_{Σ} – сумарна грешка на автоматичното регулиране.

И при двете схеми са създадени разновидности на алгоритмите, което е насочено към подобряване филтриращите им свойства. Освен необходимостта те да отговарят на определените по-горе условия, за ефективното им приложение е необходимо да са създадени модели, които да позволяват оценяване на тяхната точност.

То трябва да става не само за стабилни условия на обработване, но и да се отчита влиянието на преходните процеси, характерни след начално, текущо настройване или не планиран престой на машината. При струговото обработване компенсиранието на систематичните грешки може да става с пряк контрол на обработената повърхнина или косвен контрол с измерване на режещия инструмент. Двата варианта имат предимства и недостатъци, което налага нуждата от количествена оценка за условията на тяхното приложение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на състоянието на системите за управление на точността изисква допълнителни анализи и изследвания за усъвършенстване на подхода и съответно алгоритмите, както и техническо им осигуряване, за да действат ефективно в производствена среда в условията на съвременното широкономенклатурно производство.

REFERENCES

Dimitrov D. (2013), Study accuracy of static setting CNC lathe processing the tap shaft and receiving linear size set right forehead, Mechanical engineering and machine science, vol.15, ISSN 1312-8612, 2013 (**Оригинално заглавие:** *Димитров Д., Изследване точността на статичното настройване на струг с ЦПУ при обработване на стъпален вал и получаване на линеен размер, зададен от дясно чело. Машиностроене и машинознание, бр.15, ISSN 1312-8612, 2013*).

Enchev M. (2004), Ensuring the efficiency of the automatic control performed on CNC lathes, International congress of machine-building technologies – Varna, vol.2, p.80-84, Varna, 2004 (**Оригинално заглавие:** *Енчев, М. Осигуряване на ефективността на автоматичния контрол, извършван на стругови машини с ЦПУ. В: IV Международен конгрес по машиностроителни технологии - Варна, т.2, с.80-84, Варна, 2004*).

Enchev M. (2006), On the accuracy of automatic re-setup on turning, IV International Congress of Mechanical Engineering Technologies, vol.3, pp.7-9, Varna, 2006 (**Оригинално заглавие:** *Енчев, М. Относно точността на автоматичното поднастройване при струговане. В: IV Международен конгрес по машиностроителни технологии, т.3, с.7-9, Варна, 2006*).

Enchev M., Koleva S. (2013), Intermittent process at the initial dimensional setup with re-setup of workpiece, X International congress Machines, Technologies, Materials, Varna, 2013. ISSN 1310-3946 (**Оригинално заглавие:** *Енчев М., С. Колева. Преходен процес при начално размерно настройване с поднастройване на детайлите. В: X международен конгрес «Машини, технологии, материали», Варна, 2013*).

Equator™ gauging explained – Renishaw <https://www.renishaw.com/en/equator-gauging-explained--13465> (Accessed on 10.10.2020).

Georgiev V., Salapateva S. (2003), Study of the external turning for the introduction of active control with re-setup at ST161, Proceedings of the scientific session of the University of Ruse, pp. 9-13, Ruse, 2003 (**Оригинално заглавие:** *Георгиев В., Салапатева С., Изследване на процеса обстъргване за въвеждане на активен контрол с поднастройване при СТ161, Трудове на научната сесия на Русенски университет, стр. 9-13, Русе, 2003*).

Kostadinov Ch., Peeva I. (2017), Regarding the dependence of RTM productivity on the service equipment maintenance scenario, Scientific notices of NTS in mechanical engineering, vol.2/217, p.150-154, Sozopol, 2017 (**Оригинално заглавие:** *Костадинов Ч., И. Пеева. Относно зависимостта на производителността на РТМ от сценария на обслужване на*

технологичното оборудване. Научни известия на НТС по машиностроене, брой 2/217, XXVI МНТК "АДП-2017", Созопол, 2017, стр.:150-154).

SANDVIK COROMANT 2009, <http://www.lab2u.ru/graficheskoe-predstavlenie-peremennykh-i-postoiannykh-ekonomicheskikh-zatrat-mashinostroitelnykh-i-metalloobrabatyvaiushchikh-proizvodstv-nepolnoe-ispolzova-posobie-sandvik-coromant-2009-obrabotka-metallov-rezaniem-str-h59-0334-lab2u.html> , (Accessed on 01.10.2020)

SINUMERIK 840D sl / 828D, Measuring cycles, p.44-45, 08.2018.

Тази публикация е разработена във връзка и с подкрепата на проект 2020-МТФ-02 от Фонд научни изследвания на Русенския университет „А. Кънчев”.