

## PRINCIPLES FOR GENERATING OF MANAGING PROGRAM ABOUT PROGRAM ADAPTIVE CONTROL IN CNC LATHES

ILIYA CHETROKOV

**Abstract:** This paper presents the principles for software solution in the composition of the managing program for CNC lathe on the base of algorithms for adaptive control and mathematical models about force induced errors

**Key words:** mechanical engineering, algorithm, adaptive control, CNC lathe

### ПРИНЦИПИ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА УПРАВЛЯВАЩА ПРОГРАМА ЗА ПРОГРАМНО АДАПТИВНО УПРАВЛЕНИЕ ПРИ СТРУГОВЕ С ЦПУ

#### 1. Въведение

Повишаващите се изисквания към машиностроителните изделия налагат широкото използване на съвременни средства за постигане на точността при производство. Интегрирането на металорежещите машини с ЦПУ с персоналните компютри (PC) значително разширяват възможностите за управление на технологичния процес при механично обработване. Високата точност на машините, прилагането на компютърно управление на режима на рязане и размерно поднастройване по време на обработването дават възможност да се постигнат съществени резултати при прилагане на адаптивно управление. Тези възможности са предпоставка за разработване на програмно адаптивно управление, реализирано чрез софтуер и компютърно управление на металорежещата машина [1]. При програмното адаптивно управление не се прилагат допълнителни изпълнителни устройства в технологичната система, а се използват възможностите за управление на работните органи на машината.

Подходящо за реализация е адаптивно управление на точността на база математически модели на силовите деформации. Прилага се подходът за създаване на програми за автоматизирано програмиране на системи с ЦПУ.

#### 2. Основни елементи и работа на програмно адаптивно управление

Системата работи, като програма за автоматизирано програмиране на траекторията на инструмента и режимите на рязане, интегрирана в средата на CAD продукт.

Не се използват допълнителни сензорни и изпълнителни устройства в работното пространство на машината. Използват се възможностите на ММ с ЦПУ за реализиране на малки премествания и задаване на подавания от порядъка на 0,01mm/об.

Системата е съставена от металоуреждаща машина с ЦПУ и персонален компютър с инсталирани CAD продукт, софтуер за DNC управление, програма за адаптивно управление и база данни от математически модели на грешките от силови деформации.

В реализираната система работата на адаптивното управление се осъществява от програмата, която е разработена като потребителска функция в AutoCAD.

Автоматично се съставят програми за работа на машината.

Тези програми се изпълняват от машината в режим четене от външно устройство. Връзката между ММ с ЦПУ и електронния носител на управляващите програми, в случая твърдият диск на компютъра, се осъществява от софтуер за DNC управление.

След първоначално настройване на машината и въведена информация за детайла при обработване на партида детайли се въвеждат само размерите на заготовките и се стартира изпълнението на програмата за обработване чрез софтуера за DNC.

### **3. Принципи при разработване на програма за адаптивно управление**

Подходът за осъществяване на АУ по математически модели на процеса е свързан с разработване на необходимия софтуер за работа на системата.

В настоящата разработка е използван подходът за създаване на програми за автоматизирано програмиране на системи с ЦПУ. Софтуерът за адаптивно управление изработва управляваща програма за машината в зависимост от входящите смущаващи фактори (размери на заготовката) и математическия модел на грешките от силови деформации. За всяка заготовка се изработва конкретна NC програма така, че да се минимизира влиянието на грешките от силови деформации върху окончателните размери на детайлите. Софтуерът може да създава управляващи програми за цилиндрична повърхнина, участък от вал или отвор.

Подходът за реализиране на програмата за адаптивно управление в средата на CAD продукт е свързан с тенденцията за създаване на интелигентни CAD-CAM системи [2]

Формирането на управляваща програма от система за автоматизирано програмиране (САП) се разглежда като процес на обработване на входна информация и получаването на изхода на програма за управление на ММ с ЦПУ [3]. Входната информация е геометрично описание на детайла, а изходната представлява поредица от команди за осъществяване на работни и позициониращи движения на металоуреждащата машина.

Разглежданата програма за адаптивно управление е разработена според принципите на САП за конкретна машина. Чрез използване на алгоритми за адаптивно управление от (стабилизиране, компенсирание и комплексно управление на силовите деформации) се създава възможност за коригиране на стойностите на координатите от траекторията на инструмента и избиране на оптимално подаване от гледна точка на точността на размерите на детайлите. Тази възможност съществено отличава програмата за адаптивно управление от известните САП.

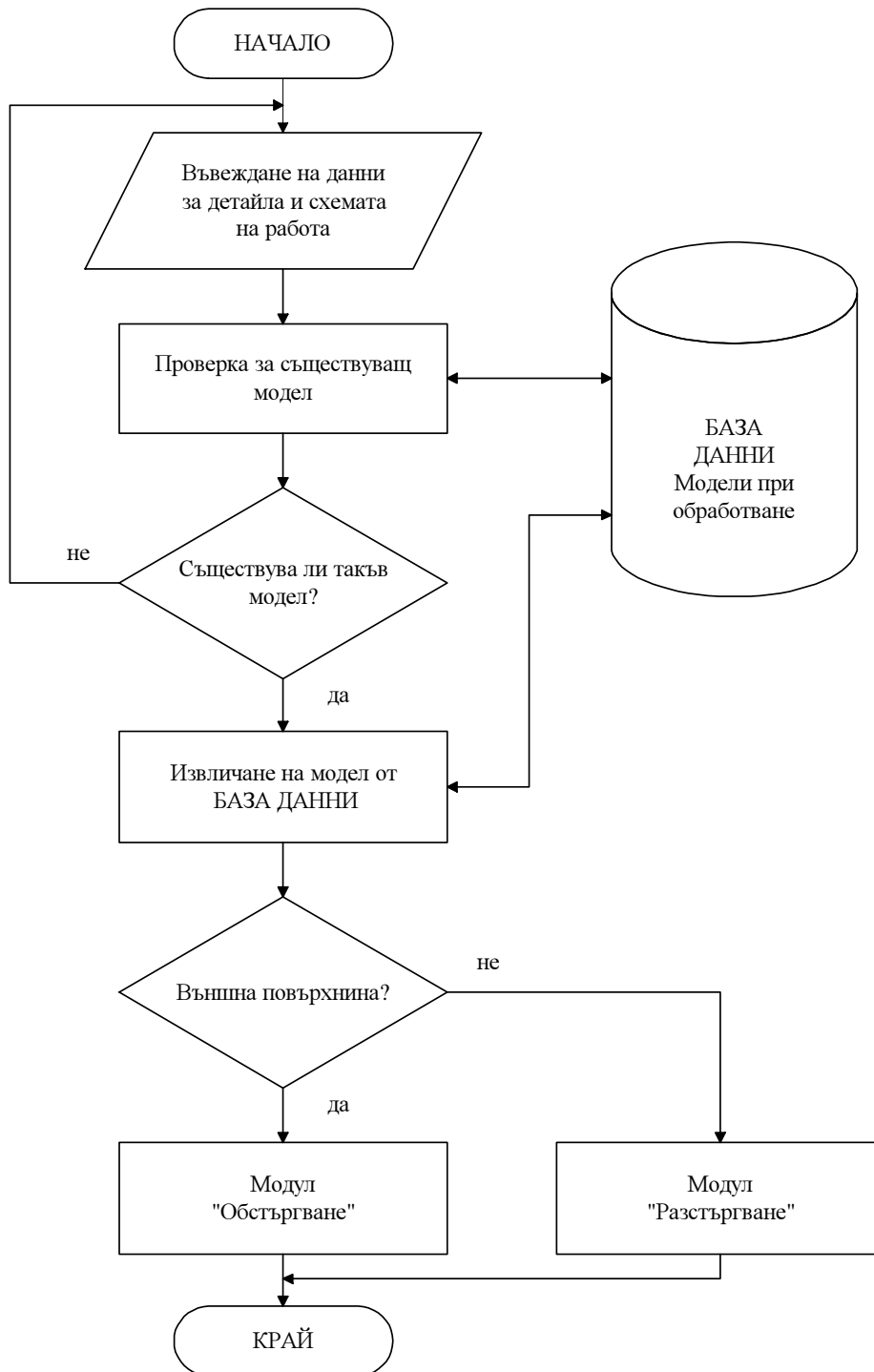
Управляващата програма за ММ с ЦПУ не е постоянна. Тя се формира според параметрите на всяка заготовка. По този начин се осигурява адаптиране на технологичната система към изменението на входящите случайни фактори.

При разработване на програмата за адаптивно управление се отчитат особеностите при програмиране на системата с ЦПУ за съответната машина.

Програмата е разработена на модулен принцип. Всеки модул от програмата е самостоятелен и може да бъде извикван от други модули или да работи като самостоятелна функция.

Създадена като потребителска функция в AutoCAD, програмата обработва геометричната информация за определен обект и съставя запис на команди за управление на машини с ЦПУ.

Блок-схема на обобщения алгоритъм на програмата е представена на фиг.1.



Фиг. 1. Обобщен алгоритъм на програма за адаптивно управление при обработване на струг с ЦПУ.

Първоначално се въвеждат входни данни за детайла, материала, режещия инструмент и схемата на работа.

В следващия блок се извършва проверка за наличие на подходящ модел в базата данни. Това става с алгоритъм за експлоатация на базата данни. Записите за моделите са оформени като отделни файлове с уникално име, кодирано чрез класификатор на моделите.

Ако съществува модел, съответстващ на въведените входни данни, той се извлича от базата данни, като неговите коефициенти се присвояват на съответни променливи в програмата.

При липса на модел се извежда съобщение и се връща в блока за въвеждане на входни данни.

След извличане на съответния математически модел се извършва проверка за вида на обработването – обстъргване или разстъргване.

След това се преминава към съответния модул за извършване на автоматизираното програмиране.

### **3.1. База данни на моделите при обработване.**

В базата данни (БД) се съхранява информацията за математическите модели на грешките от силови деформации получени при различни условия на обработване.

Изграждането на БД е подчинено на определението и като съвкупност от описание на данни в среда за специално програмно управление – система за управление на базата данни (СУБД). Всеки един запис може да бъде извличан при конкретни условия заложи в системата за управление на базата данни.

Чрез обработка на БД се достига до решението на задачата за извличане на подходящия модел за условията, при които ще се обработва детайлът. За целта е необходимо всеки модел да бъде идентифициран така, че да не се допускат грешки при работа на системата.

Всеки запис в БД носи информация за условията на работа при които е получен математическия модел за силовите деформации:

- вид на обработването – обстъргване или разстъргване;
- материал – вид на материала който се обработва;
- установяване на заготовката – конзолно, патронник и център, между центри;
- главен установъчен ъгъл на инструмента;
- дължина на детайла, за който е дефиниран модела;
- дължина на детайла, захваната в патронника;
- диаметър на обработвания детайл (при разстъргване се записва диаметърът на борщангата).

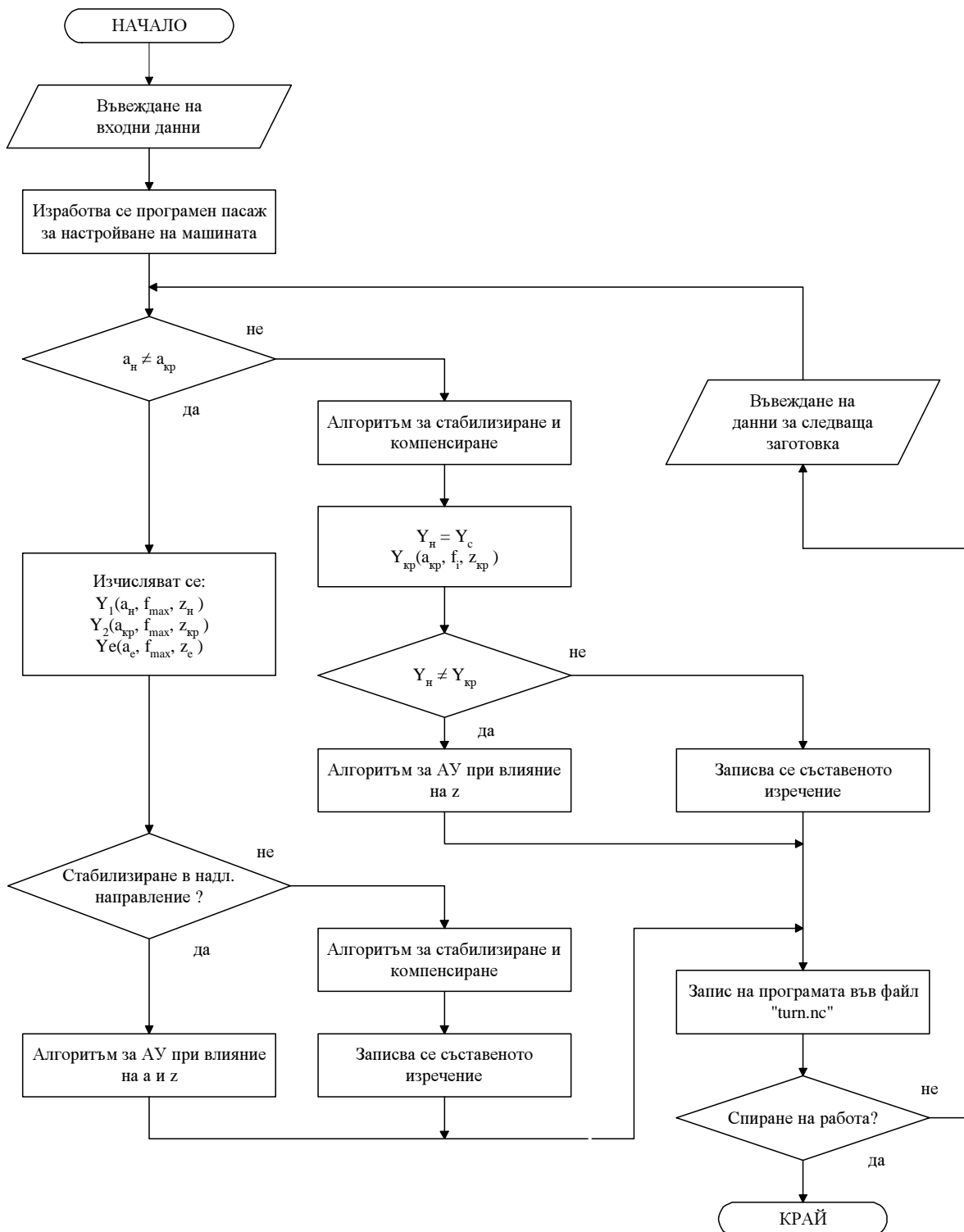
Първоначално при работа с програмата се въвеждат данни за вида на обработването, инструмента, материала, схемата на установяване и размерите на детайла. По входните данни се извлича запис за търсения модел.

### **3.2. Модул „Обстъргване”**

Работата на програмата при обстъргване се осъществява от специализиран модул, в който са разработени функции изпълняващи алгоритмите за АУ.

На фиг. 2 е показана обобщена блок-схема на програмния модул.

Първият блок от алгоритъма е за въвеждане на входни данни, това е информацията за детайла и модела, която се получава от основната програма. Въвеждат се данни за координатната система на детайла и размерите на заготовката в началото и в края на обработвания участък.



Фиг. 2. Обобщена блок-схема на модул “Обстъргване”.

Във втория блок се изработва програмен пасаж за настройване на машината. С тези изречения машината се изпраща в опорни точки и се дефинира координатната система на детайла. Тази програма се записва във файл set.nc.

Сравняват се размерите на заготовката в началото и в края на предстоящото обработване. Тази проверка определя наличие на конусност на заготовката.

Тук алгоритъмът се разделя на две направления:

1. Заготовката не е конусна ( $a_n = a_{кр}$ ).

Прилага се алгоритъмът за стабилизиране и компенсиране на силовите деформации [4]. Определя се ниво за стабилизиране на силовите деформации  $Y_c$  и текуща стойност на подаването  $f_i$ .

Изчислява се нивото на деформацията в края на обработването  $Y_{кр}$ , като в модела се заместват  $a_{кр}$ ,  $f_i$ , и  $z_{кр}$ . Нивото на деформацията в началото на обработването е равно на нивото за стабилизиране определено в предния блок на алгоритъма ( $Y_n = Y_c$ ).

Сравняват се стойностите на  $Y_n$  и  $Y_{кр}$ . Смисълът на тази операция е да се определи дали разликата на грешките от силови деформации в началото и в края на обработвания участък е в границите на допускателно отклонение на формата в надлъжно сечение.

При значима разлика се прилага алгоритъм за АУ при влияние на промяната на координатите  $z$ . При прилагане на този алгоритъм се изработват поредица от изречения, описващи последователни участъци с различно подаване.

Ако разликата между  $Y_n$  и  $Y_{кр}$  е в границите на допускателно отклонение от формата в надлъжно сечение, тогава се изработва изречение за обработване на повърхнината с изчислените в алгоритъма за стабилизиране и компенсиране на силовите деформации, подаване  $f_i$  и ниво за стабилизиране на деформациите  $Y_c$ .

При записа на изречението в управляващата програма се извършва корекция на настроенния размер със стойността на  $Y_c$ .

2. Конусна заготовка ( $a_n \neq a_{кр}$ ).

Изчисляват се стойностите на деформацията  $Y_1$ , замествайки в модела  $a_n$ ,  $f_{max}$ , и  $z_n$ . Изчислява се  $Y_2$  при  $a_{кр}$ ,  $f_{max}$ , и  $z_{кр}$ .

Изчислява се стойността на деформацията при наличие на екстремум на функцията на силовите деформации  $Y_e$  при  $a_e$ ,  $f_{max}$ , и  $z_e$ .

Извършва се проверка дали отклонението на формата в надлъжно направление е в границите на допускателно отклонение и необходимо ли е извършване на управление за намаляване на грешката.

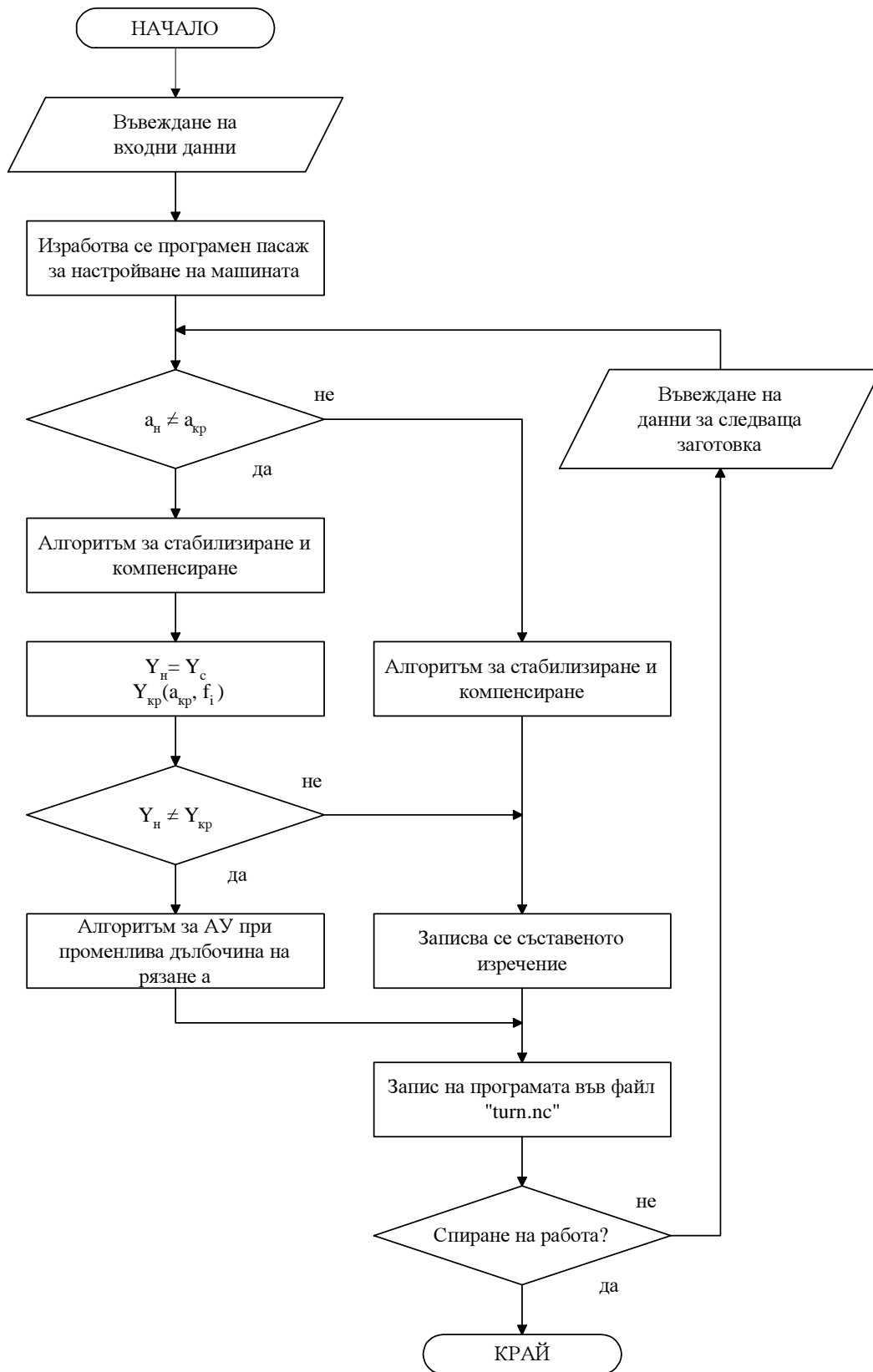
Ако не е необходимо управление за отстраняване на грешките в надлъжно сечение, се прилага алгоритъмът за стабилизиране и компенсиране на грешките от силови деформации. Формира се изречение от управляващата програма с подаване  $f_i$  и ниво на стабилизиране  $Y_c$ .

Ако е необходимо да се извърши управление за намаляване на грешките от силови деформации в надлъжно сечение, се прилага алгоритъмът за АУ при влияние на промяна на дълбочината на рязане и координатите на обработването. Формират се изречения описващи последователни участъци с различно подаване.

Формираната от работата на алгоритъма управляваща програма се записва във файл "turn.nc" и се извежда съобщение, че управляващата програма за машината е създадена.

Следва въпрос към потребителя за край на работата или продължаване със следваща заготовка.

При избор за продължаване на работата се въвежда информация за следващата заготовка. Алгоритъмът се връща към блока за сравняване на размерите на заготовката и се повтарят действията за създаване на управляваща програма.



Фиг. 3. Обобщена блок-схема на модул "Разстъргване".

### 3.2. Модул „Разстъргване”

Работата на програмата при разстъргване се осъществява от специализиран модул, в който са отчетени особеностите при този вид обработване.

На фиг.3 е показана обобщена блок-схема на програмния модул.

Първият и вторият блок от алгоритъма са със сходно действие на първите блокове от модула за обстъргване. Различията се отнасят до определяне специфичните особености на схемата на работа при разстъргване.

Сравняват се размерите на заготовката в началото и в края на предстоящото обработване. Тази проверка определя наличие на конусност на отвора на заготовката. Алгоритъмът се разделя на два клона.

1. Конусна заготовка ( $a_n \neq a_{кр}$ ).

Прилага алгоритъмът за стабилизиране и компенсиране на силовите деформации. Определя се ниво за стабилизиране на силовите деформации  $Y_c$  и текуща стойност на подаването  $f_i$ .

Изчислява се нивото на деформацията в края на обработването  $Y_{кр}$ , като в модела се заместват  $a_{кр}$  и  $f_i$ . Нивото на деформацията в началото на обработването е равно на нивото за стабилизиране, определено в предния блок на алгоритъма ( $Y_n = Y_c$ ).

Сравняват се стойностите на  $Y_n$  и  $Y_{кр}$ . С тази проверка се установява дали разликата на грешките от силови деформации в началото и в края на обработването е в границите на допускателно отклонение от формата и надлъжно сечение.

Ако разликата е в рамките на допускателно отклонение, се записва изречение за обработване на повърхнината с изчисленията в алгоритъма за стабилизиране и компенсиране на силовите деформации, подаване  $f_i$  и ниво за стабилизиране на деформациите  $Y_c$ .

При значима разлика се прилага алгоритъмът за АУ при влияние на промяната на дълбочината на рязане  $a$  [5]. При прилагане на този алгоритъм се изработват поредица от изречения, описващи последователни участъци с различно подаване.

2. Заготовката не е конусна ( $a_n = a_{кр}$ ).

Прилага се алгоритъмът за стабилизиране и компенсиране на силовите деформации. Определя се ниво за стабилизиране на силовите деформации  $Y_c$  и текуща стойност на подаването  $f_i$ .

Записва се изречение за обработване на повърхнината с изчисленията в алгоритъма за стабилизиране и компенсиране на силовите деформации, подаване  $f_i$  и ниво за стабилизиране на деформациите  $Y_c$ .

Формираната от работата на алгоритъма управляваща програма се записва във файл “turn.nc” и се извежда съобщение, че управляващата програма за машината е създадена.

Следва въпрос към потребителя за край на работата или продължаване със следваща заготовка.

При избор за продължаване на работата се въвежда информация за следващата заготовка. Алгоритъмът се връща към блока за сравняване на размерите на заготовката и се повтарят действията за създаване на управляваща програма.

### 4. Заключение

Разгледаните алгоритми и разработената програма за адаптивно управление доказват приложимостта на подхода за разработване на програмно адаптивно управление на база математически модели на грешките от силови деформации и използване на възможностите на компютърната техника и машините с ЦПУ.



Работата на адаптивно управление на база разработените алгоритми, като система за автоматизирано програмиране, е предпоставка за приложение на алгоритмите за АУ при проектиране на САМ системи.

*Авторите изказват благодарност на НФНИ при МОН за финансирането на проект ВУ-ТН-953/06, в рамките на който е проведено настоящото изследване.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. **В. И. Георгиев** Програмно управление на силовите деформации при металорежещи машини с цифрово програмно управление. *Известия на ТУ в Пловдив, том 10 "Технически науки", Пловдив, 2003, стр.7-15.*
2. **Y. Kakino., A. Schramm, H. Otsuka, H. Nakagava, T. Hirogaki.** Intelligent CAM System for Manufacturing of Hardened Steel Made Dies and Molds. *Proceedings of the 5-th International Conferece on Progress of Machining Technology (ICPMT), Beijing, P.R. China, 2000*
3. **В. И Молочник, Г. П. Гырдынов.** Проектирование постпроцесоров для оборудования числовым программным управлением. *Ленниград, "Машиностроение", 1982.*
4. **В. И. Георгиев, И. А. Четроков.** Комплексно адаптивно управление за стабилизиране и компенсирание на силовите деформации при ММ с ЦПУ. *Сб. Машиностроителна техника и технологии. ТУ-Варна, 2003.*
5. **В. И. Георгиев, И. А. Четроков.** Влияние на грешките на формата на заготовката върху алгоритъма за адаптивно управление на точността при струговане. *Международна научна конференция АМТЕСН 2005, Трудове на юбилейна научна конференция 2005, Том 44, серия 2, Русе, стр. 381-385.*

Department of Mechanical Equipment and Technologies  
Technical University–Sofia, Plovdiv Branch  
25, Tsanko Dystabanov Str.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: il\_chetrokov@abv.bg