РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ”
МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ

инж. Иво Йорданов Атанасов

ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИТЕ ОПЕРАЦИИ ЗА МЕХАНИЧНА ОБРАБОТКА В CAD/CAM СРЕДА С ГЕНЕТИЧНИ АЛГОРИТМИ

АВТОРЕФЕРАТ
на дисертация за присъждане на образователната и научна степен
„ДОКТОР”

Научна специалност:
02.21.06 Автоматизация на инженерния труд и системи за автоматизирано проектиране

Научни ръководители:
1. проф. д-р инж. Иван Колев Иванов
2. проф.д-р инж. Маргарита Стефанова Теодосиева

Рецензенти:
1. проф. д-р инж. Димчо Стоилков Чакърски
2. проф. д-р инж. Върбан Иванов Илиев

Русе
2013 г.

Дисертационната работа съдържа 132 страници. Включва 66 фигури и 8 таблици в 5 глави, общи изводи и приноси, както и 3 приложения с 9 таблици и 6 чертежа. Библиографията обхваща 132 заглавия, от които 41 на кирилица, 64 на латиница и 27 интернет страници.

Докторантът работи като главен асистент по дисциплините „CAD/CAM системи", "CAM системи", "Автоматизация на технологичната подготовка", "Автоматизирано програмиране", "Приложни CAD системи" към катедра ТММРМ на факултет „МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕН" при Русенския университет „Ангел Кънчев".

Докторантът е зачислен в докторантура на самостоятелна подготовка съгласно заповед № 3026 от 19.12.2011 г. и отчислен с право на защита съгласно заповед № 81 от 21.01.2013 г. към катедра ТММРМ при Русенски университет „Ангел Кънчев".

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от научно звено, формирано от преподаватели и хабилитирани преподаватели на разширения съвет при катедра ТММРМ, на Русенски университет „Ангел Кънчев", на 08.02.2013 г.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на открито заседание пред научно жури, назначено от ректора на Русенския университет, на ……..2013 г. от … часа в зала …., корпус …. на университета.

Материалите на докторанта са на разположение на заинтересованите в катедра „ТММРМ". Авторефератът е публикуван в сайта за развитие на академичния състав на университета.

Автор: инж. Иво Йорданов Атанасов

Заглавие: Проектиране на технологичните операции за механична обработка в CAD/CAM среда с генетични алгоритми

Тираж: 12 бр.

Печатна база на Русенски университет "А.Кънчев"

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

1. АКТУАЛНОСТ НА ПРОБЛЕМА

Въпреки високата ефективност на автоматизацията на технологичното проектиране при механична обработка на детайли, резервите за увеличаване на производителността и икономичността им не са изчерпани. Увеличаване на технологичната производителност или намаляване на технологичната себестойност при обработването може да се постигне чрез използването на генетични алгоритми (ГА) в комплекс със задачите за осигуряване на качеството на обработваните детайли.

CAD/CAM системите с тяхната модулна и отворена структура са подходяща среда за автоматизирано конструктивно и технологично проектиране при обработка на детайли на металорежещи машини с ЦПУ. Наличието на специализиран вътрешен алгоритмичен език ги прави гъвкави и пригодни за потребителска доработка към конкретни производствени условия на работа. Въпросите, свързани с избор на подходящ режещ инструмент, назначаването на оптимални режими на рязане и др. са актуални и важни за правилния ход на технологичната операция.

В голяма част от методите за стохастично търсене на решение на задачата за оптимизация и разработените алгоритми не позволяват да се отчитат стойностите на предшестващите решения. Ето защо ГА са подходящи при целеви функции (функции на жизненост), които са ограничени в дадени технически граници, определящи зоната на решения по дадени критерии.

Предимство на ГА е възможността за многоцелева оптимизация. При оптимизацията на технологичното проектиране се забелязват следните посоки за целеви функции:

- технологична себестойност и технологична производителност;
- машинно време за механичната обработка или норма на печалба;
- минимален разход на износването на режещия инструмент;
- подобряване на условията за механична обработка: оптимална температура при процеса рязане и др.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Целта на дисертационния труд е **Да се повиши ефективността на технологичните операции чрез оптимизация на механичната обработка в CAD/CAM среда с помощта на генетични алгоритми.** За постигането на целта се решават следните **основни задачи**:

1. Анализиране на математическите и функционални основи на генетичните алгоритми.

2. Адаптиране на структура на генетичен алгоритъм за решаване на задачата за избор на оптимални режими на рязане, съобразно разработен модел.

3. Разработване на геометрична база от данни (ГБД) с приложение на генетични алгоритми.

4. Разработване на подсистема за автоматизиран избор на подходящ режещ инструмент CoroChose и анализ на резултатите от функционирането с описание на примери и изводи.

5. Приложение на генетично алгоритмичен модел за ефективно функциониране на интелигентна технологична база знания в CAM среда.

6. Макропрограмиране в CAD/CAM среда SolidWorks/ FeatureCAM с приложение на връзката им API.

7. Проектиране на технологичната операция за типови ротационно-симетрични детайли с приложение на комбинацията макропрограмиране и генетичен алгоритъм.

3. НАУЧНА ЗНАЧИМОСТ И НОВОСТ

Предложена е комбинация на генетичен алгоритъм с математичен модел за оптимизация на режимите на рязане, осигуряваща работа с голям брой параметри с дискретни стойности.

Разработен е универсален алгоритъм за оптимизиране на режимите на рязане по зададен математичен модел, който позволява адаптиране към променяща се среда.

Разработен е приложен софтуер, даващ възможност за вариантно задаване на параметрите на генетичния алгоритъм в определени граници – от тип LGA, като при решаването на оптимизационната задача има възможност да се променя комбинацията от технически ограничения.

Предложеният алгоритъм, вграден в технологичния процесор на CAM средата FeatureCAM, проверява възможността за обработка на детайла с този режещ инструмент, проверява за колизии и анализира технологичната стратегия на прехода.

Разработен е метод за избор на алтернативни варианти на избор пластина – държач, при който е отстранена възможността от недостатъчен избор.

Разработени са алгоритми и програмна система CoroChose, чрез която е реализиран метода за автоматизиран избор на стругови инструменти, като е приложен подход за комуникация с потребителя и съхранение на правилния избор за конкретни условия на механична обработка.

4. ПРАКТИЧЕСКА ПОЛЕЗНОСТ И ПРИЛОЖИМОСТ

Разработеният програмен продукт на база на интеграцията на генетичен алгоритъм и математичен модел за оптимизиране на режимите на рязане има отворен характер, позволяващ да се разшири и за други целеви функции.

Разработени са типови случаи на струговане и са определени критерии на избор, йерархично разпадащи се в създадената програмната система CoroChose за автоматизиран избор на стругови режещи инструменти. Създадена е структура и състав на база данни “Стругови инструменти”, съдържащи се в каталога CoroKey на фирма “Sandvik Coromant”. Работоспособността на системата за избор на режещи инструменти е потвърдена чрез получените резултати от решаване на реални примери.

Разработен е макроапарат за автоматизирано конструктивно CAD и технологично CAM проектиране, работещо с приложение на API за CAD/CAM комбинацията SolidWorks/FeatureCAM.

Разработен е метод за приложно CAD/CAM моделиране и типово технологично и параметрично проектиране на струговата обработка на детайли – ролки деформиращи. Получените резултати от работата на интеграцията API и генетичните алгоритми в CAD средата SolidWorks и CAM средата FeatureCAM са използвани за създаване на потребителски геометрични и технологични бази данни в условията на примерни тестови внедрители.

5. АПРОБАЦИЯ НА РАБОТАТА

Основните резултати, получени при разработването на дисертацията, както и отделни части от дисертацията са докладвани и обсъждани на: 7-та международна конференция по машиностроителна техника и технологии, АМТЕХ, Варна, 2003 г.; XVIII ННТК с международно участие "АДП-2009", катедра АДП, МФ на ТУ-София; Научните конференции на РУ и НС на Русенски университет "А.Кънчев" през 2009 и 2012 г., както и в книгата: Cambridge scholars Publishing (book), 2012, No 1, pp. 153-162, ISSN 978-1-4438-3771-2.

6. ПУБЛИКАЦИИ

Основните резултати по дисертационния труд са отразени в 5 публикации. От тях две са самостоятелни и една на английски език.

7. СТРУКТУРА И ОБЕМ НА РАБОТАТА

Дисертационният труд е с обем 132 страници и 3 приложения (39 стр., от които 9 таблици и 6 чертежа). Състои от литературен обзор, основни етапи на работата, представени в четири глави, списък на цитираната литература – 105 заглавия и Интернет адреси – 27. Дисертацията съдържа 66 фигури, 8 таблици в изложението, 9 таблици в приложенията и 6 чертежа. Номерата на включените в автореферата фигури, таблици и изрази съвпадат с тези в дисертационния труд.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Целта на автоматизацията на технологичното проектиране е да се повиши качеството на самия процес, да се снижат разходите, да се съкратят сроковете за проектиране и от там сроковете за внедряване на изделието като цяло. На съвременния етап това се осъществява с различни по сложност, обхват и области на приложение системи за автоматизирано проектиране - CAD/CAM системи.

Технологичното проектиране включва в себе си:

- разработка на принципната схема на технологичния процес;
- проектиране на технологичния маршрут за обработване на детайлите;
- проектиране на технологичните операции;
- разработване на управляващите програми за оборудване с ЦПУ.

CAD/CAM системите имат типично модулна структура, ориентирана към потребителски функции, като работят в реално време в интерактивен (диалогов) режим. Сравнени са технологичните възможности на 19 бр. CAD/CAM пакета, дистрибутирани в България и най-разпространените в света, като са таблично показани техните технически характеристики.

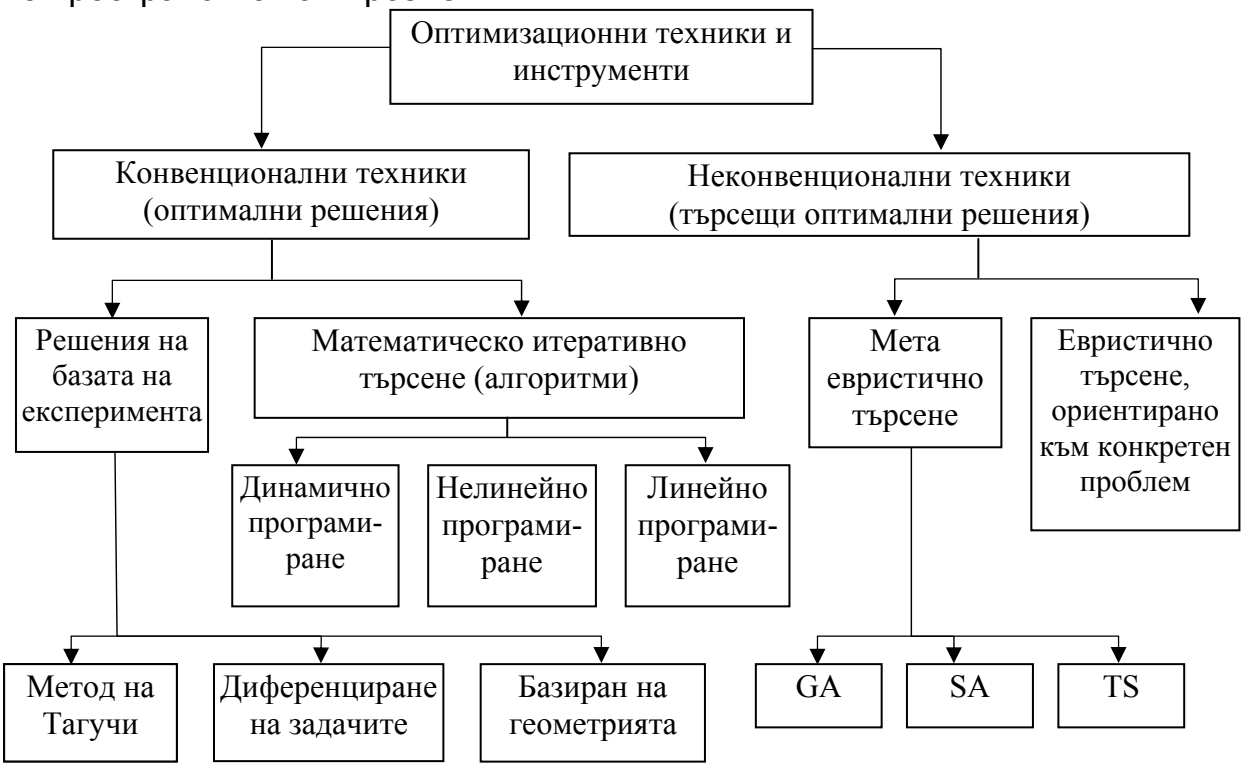
На фиг. 1.4 е показан преглед на съвременните техники за оптимизация в процесите за механична обработка, като се фокусират върху (I) методите за моделиране и (II) конвенционалните и неконвенционални (еволюционни) техники за оптимизация.

Стъпките за прилагане на ГА при оптимизиране на обработката са както следва:

(1) Параметрите на процеса се прекодират в гени чрез двоично кодиране.

(2) Група (мрежа) от гени се комбинира, за да се оформи хромозома, която се използва за изпълнения на базовите механизми в ГА, като кръстосване и мутация.

(3) Кръстосването е операцията на смяна на някои части от две хромозоми с цел генериране на нова популация, която е важна при бързо обхождане на цялото пространство на търсене.

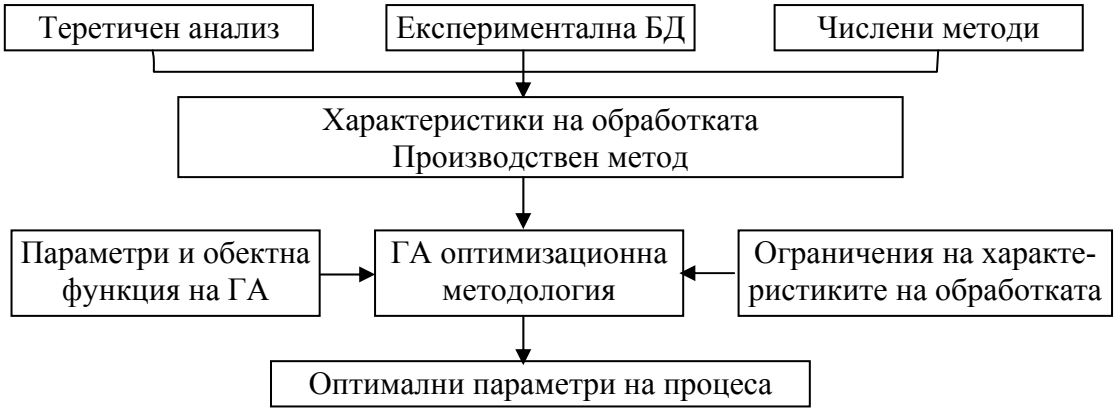


фиг. 1.4 Конвенционални и неконвенционални методи и техники за оптимизация

(4) Мутацията се прилага след кръстосване, за да добави малко случайност към новата хромозома.

(5) За оценяване на всеки индивид или хромозома, прекодираните параметри се разкодират от хромозомата и се използват, за да се предвидят мерките на обработващите параметри.

(6) Функцията за жизнеспособност, която се пресмята за конкретен математичен модел (или обектната, целева функция) е функция, необходима за оптимизационния процес и избора на следващата генерация в ГА.



фиг. 1.5. Структура на методологията на ГА

(7) След определен брой итерации на ГА, се получава оптимален резултат за параметрите на процеса чрез сравняване на стойностите от функцията за жизнеспособност на всички индивиди.

Изборът на режещи инструменти, при екипиране на технологичните процеси, изисква решаването на три взаимно свързани задачи:

- сортиране на инструментите;
- избор на необходимия типоразмер;
- синтез на конструкцията на инструмента.

При избора на инструменти се вземат под внимание следните фактори: вида на механичната обработка, вида на прехода, типа на машината, вида на обработваните повърхнини, вида на обработвания материал, партидата обработвани детайли. Като критерии, характеризиращи инструмента, се приемат формата на режещия ръб на инструмента, материала на режещата част, формата и размерите на държача и типа на инструмента. Като източници на информация, необходима за избора на инструменти, се явяват чертежа на детайла и технологичния процес. В резултат на избора са възможни три случая:

- еднозначен избор, т.е. избран е само един инструмент;
- недостатъчен избор, т.е. нито един от инструментите на даденото множество не удовлетворява изискваните критерии;
- многозначен избор, т.е. повече от един инструмента удовлетворяват изискваните критерии.

На база на направения литературен анализ са **обобщени следните изводи**:

1. Въпреки високата ефективност на автоматизацията на технологичното проектиране при механична обработка на детайли, резервите за увеличаване на производителността и икономичността им не са изчерпани. Увеличаване на технологичната производителност или намаляване на технологичната себестойност при обработването може да се постигне чрез използването на генетични алгоритми в комплекс със задачите за осигуряване на качеството на обработваните детайли.
2. От анализа на специалната литература се установи, че чрез съществуващите CAD/CAM системи не могат да се осъществяват пресмятания за оптимизация, тъй като те са разработени за универсален потребител.
3. За намиране на оптимални решения при нелинейни математически модели при многокритериална оптимизация се установи, че най-подходящи са ГА, отнасящи се към неконвенционалните техники от вид метаевристично (стохастично) търсене. За да могат да бъдат приложени в конкретния случай, трябва да се адаптират към вътрешната структура на CAD/CAM системите и да се изберат подходящи параметри и ограничения, с цел ефективното им използване.
4. В структурата на CAD/CAM системите се наблюдава подход на взаимносвързан диалог, което се явява недостатък за технолога-програмист (потребител). При нужда от корекция на някой технологичен параметър, особено в CAM диалога, би следвало да се предвиди директен достъп до технологичния диалог и възможност за съхраняване на изменените данни като вариант на решение.
5. Слабо е засегнато автоматизираното технологично проектиране, като в най-добрите системи е налице труден технологичен диалог.
6. Изборът на режещ инструмент е субективен, провеждащ се на база задаване параметрите на пластината. В CAM структурата е необходимо да функционира технологична база от данни за избор на режещ инструмент, която разработчикът трябва да адаптира от предлаганите в електронен вид материали на фирми-производители.
7. Задачите за проектиране на технологичен процес и избор на режещи инструменти за реализирането на този процес са взаимно свързани.

Съществува необходимост от създаване на метод и система за автоматизиран избор на инструменти, при което е възможно претърсването на голям обем информация за сравнително кратко време и подбирането, съгласно въведените критерии за избор, на най - подходящите инструменти.

2. ГЕНЕТИЧНИТЕ АЛГОРИТМИ КАТО ИНСТРУМЕНТАРИУМ ЗА АВТОМАТИЗИРАНО ТЕХНОЛОГИЧНО ПРОЕКТИРАНЕ В CAD/CAM СРЕДА

2.1. Теоретични основи на генетичните алгоритми – терминология, начин на действие

Генетичните алгоритми се основават на принципите на естествената еволюция – генетичното унаследяване и оцеляването на по-силния. По същество, генетичните алгоритми представляват вариант на стохастично търсене в лъч, при което новите състояния се генерират чрез комбиниране на двойки родителски състояния вместо чрез модифициране на текущото състояние.

Първоначално алгоритъмът се стартира с множество от решения (представени от хромозоми), наречени популация. Решенията от една популация се вземат и използват от новата популация. Това е обосновано от идеята, че новата популация би трябвало да бъде по-добра от старата. Решенията, които са избрани да формират новата популация (потомство), се определят по тяхната жизнеспособност - по подходящите са с по-големи шансове за репродукция.

Това се повтаря докато някакво условие (например броя популации или доказване на най-доброто решение) е удовлетворено.

Най-общо един базисен генетичен алгоритъм може да се представи по следния начин:

[Старт] Генериране на случайна популация от n хромозоми (подходящи решения на проблема).

[Жизнеспособност] Изчисляване жизнеспособността f(x) на всеки хромозом n в популацията.

[Нова популация] Създаване на нова популация чрез повтаряне на следните стъпки докато новата популация бъде завършена.

[Селекция] Избиране на два родителски хромозома от популацията съобразно тяхната жизнеспособност (по-добра жизнеспособност, по добри шансове за селекция).

[Кръстосване] С кръстосването вероятностно се кръстосват родителите за да формират новото поколение (деца). Ако не бъде извършено кръстосване, поколението е точно копие на родителите.

[Мутация] С мутацията вероятностно се мутира новото поколение на някое място (позиция в хромозомата).

[Приемане] Поставяне на новото поколение в новата популация

[Заместване] Използване ново-генерираната популация за по-нататъшни изпълнение на алгоритъма.

[Проверка] Ако крайното условие е удовлетворено, спиране, и връщане на най-доброто решение в настоящата популация.

[Цикъл] Отиди на стъпка 2.

2.2. Параметри на ГА

Има два основни параметъра на ГА - вероятност за кръстосване и вероятност за мутация. Трети, също важен параметър е размера на

популацията. Съществуват и други параметри на ГА, които не са с особено голямо значение и не се използват при всички алгоритми.

Кръстосването се извършва с идеята, че новите хромозоми ще имат добри части от старите хромозоми и може би новите ще бъдат по-добри. Добре е най-жизнеспособната част от всяка популация да оцелява в следващото поколение.

Мутацията е въведена за предпазване на ГА от попадане в локален екстремум, но не трябва да се използва твърде често, защото тогава ГА в действителност ще се промени в произволно търсене.

Размера на популацията показва колко хромозоми се включват в популацията (в едно поколение). Изследванията показват, че след определени ограничения (зависещи главно от кодирането и конкретния проблем) няма смисъл от увеличаване размера на популацията, защото това няма да доведе до по-бързо или по-качествено разрешаване на проблема.

2.3. Видове алгоритми и сфери на приложение

Като най-добри варианти за оптимизационни решения се налагат малкия генетичен алгоритъм (little genetic algorithm - LGA) и опростения генетичен алгоритъм (simple genetic algorithm – SGA). Разбира се, те не са масово решение на всички проблеми, а трябва да бъдат избирани и доразработвани, в зависимост от конкретния проблем, за чието решение се прилагат.

Генетични алгоритми се използват при решаване на проблеми за оптимизация, машинно обучение и прости развиващите се (самообучаващи се) програми в сферата на изкуствения интелект.

2.4. Видове кодиране на информацията

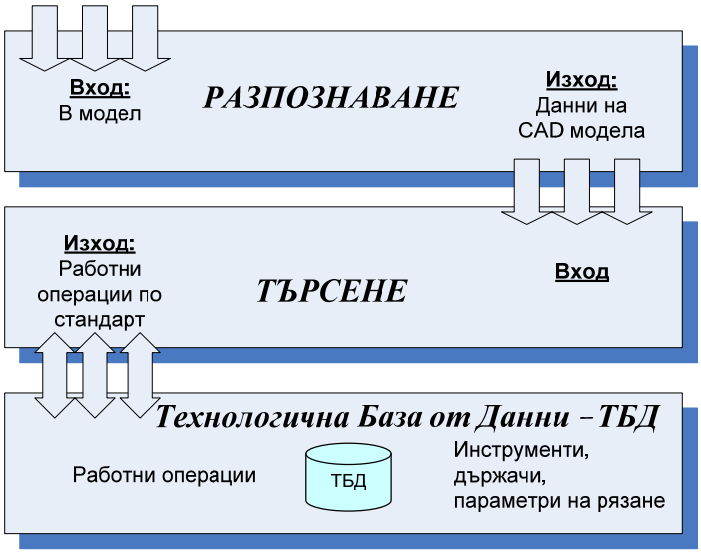
Кодирането на хромозомите е един от основните проблеми, които трябва да бъдат решени, когато се започне решаване на проблем с ГА.

- двоично кодиране;
- кодиране по стойност;
- кодиране в дървовидна структура.

2.5. Основна структура на модела на генетично алгоритмично базирана система за автоматизирано технологично проектиране за машини с ЦПУ

Интелигентна ГА-базирана система за ЦПУ програмиране е разработена на базата на LGA. Първата стъпка е разпознаване на геометричните характеристики и класификация. Системата за разпознаване и оптимизация работи на два етапа. Всичко започва с обработване на CAD part-модела, с цел да се анализира формата и всички характеристики на геометричните форми (фиг. 2.13). Първият блок – разпознаване – може да разпознава различни видове геометрични елементи, но специално внимание се отделя на разпознаването и класифицирането на подробни (ясно изразени) технологични компоненти с помощта на дефиниране на рекурсивни функции.

Изходните данни от I-ви блок – разпознаване представляват вход за следващата II част – търсене. Тя взема изчислените геометрични данни от разпознаването и започва търсене на подходяща обработваща операция в технологичната база от данни (ТБД) чрез сравняване на оригиналните данни от модела с препоръчваните данни за съхранените достъпни инструменти в производствената система.

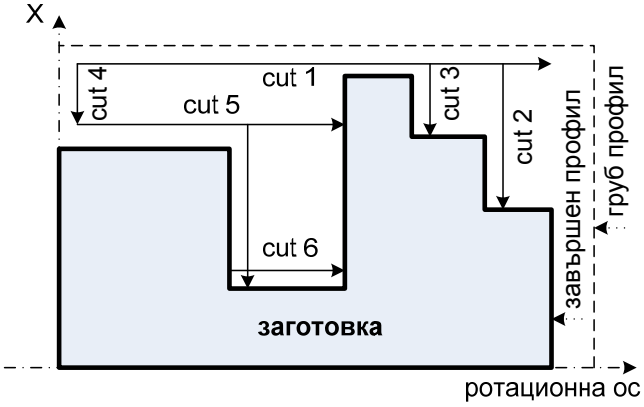


фиг. 2.13 Базова структура на модела, базиран на генетични алгоритми

Входът на системата е 3D CAD модел на детайла. На базата на разпознати характеристики, модулът за ГА-базирано определяне на технологичните данни се стартира, за да определи режещите инструменти, параметрите на рязане (в зависимост от материалите на обработваната заготовка и на режещия инструмент) и подробно планиране на траекторията на инструмента. След това се включва пост-процесирането и преобразува данните за траекторията, които до този момент са неутрални, за конкретната комбинация ЦПУ – вид на металорежещата машина.

Опростен модел е показан на фиг. 2.14.

Материалът, който ще бъде премахнат, се отделя в няколко сегмента, наречени cut1, cut2,..., cut7, според позволеното движение на режещия инструмент. Приема се, че детайла може да бъде обработен чрез прилагане на тези движения на режещия инструмент на струг с ЦПУ. Целта на предлагания алгоритъм е да се намери оптимална комбинация на движение на инструмента, без външна „интервенция” на добър CNC програмист.

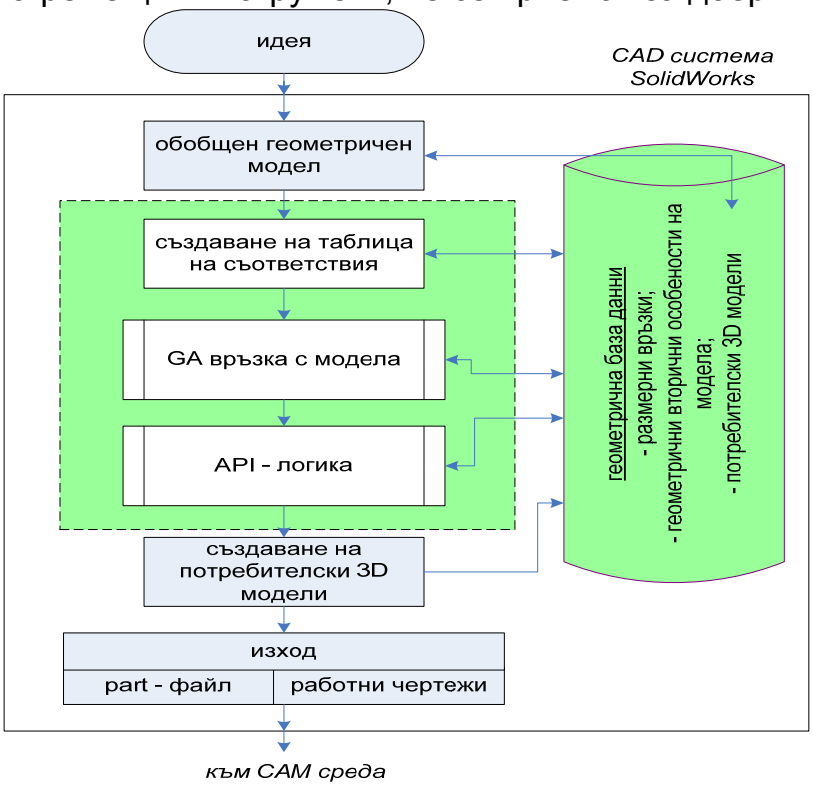


фиг. 2.14 Опростен модел на обработка

При оценяване на изчислените резултати (генерираните NC програми) се взимат предвид няколко правила и ограничения, които представят функцията на годност (целева функция), като:

- Rapid – позиционираща (бързо) движение на режещия инструмент. Това движение на инструмента е разрешено във всички посоки, които са в работната площ и са „свободни” от колизия с работния детайл;

- Движение при рязане – обработването е позволено само в посока +Z и –X оси;
- Колизия на режещия инструмент с работния детайл – в този процес се взема в предвид също и намаляването на профила на заготовката, поради обработването на дребни елементи. Всички неразрешени позиции на режещия инструмент предизвикват аларма. Само движения, които не водят до колизия, се маркират като добри;
- Намаляване на позициониращите ходове до минимум – нов проход се генерира, ако обстъргващата процедура (NC програма) не премахва целия материал. Само NC програми с минимум позициониращи ходове се приемат за добри. Най-добрата обработваща стратегия при струговане е обработването на заготовката в един работен цикъл;
- Запомняне на зона на заготовката, обработвана на предното движение – всички движения на инструмента са записани и съхранени за следващо изпълнение на ГА. Ако процедурата на ГА открие преместване на инструмент, което вече е записано, то следващото преместване ще бъде генерирано от това ниво. По този начин ГА може да разпознае материала, премахнат от предишния проход по заготовката;
- Свеждане на машинното време до минимум – машинното време се изчислява от движението на инструмента, като се вземат предвид рязането и позициониращото преместване. Движенията на инструмента, при които се появява колизия на режещия инструмент, не се приемат за добри.

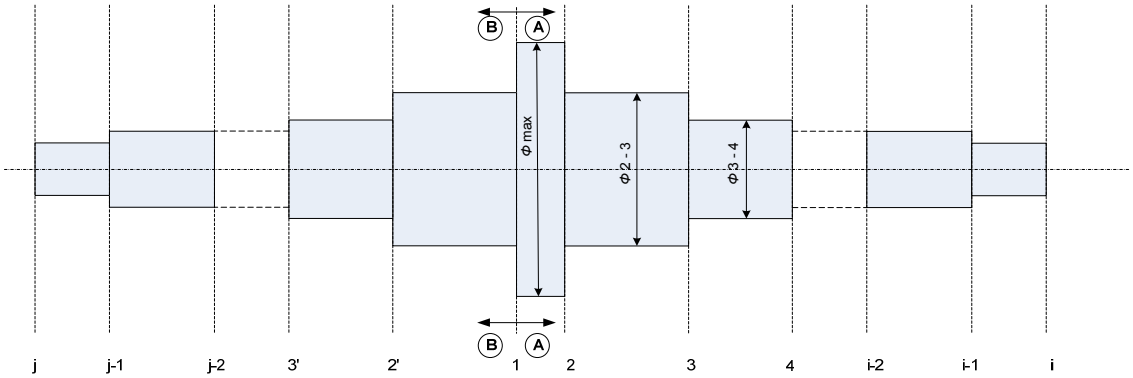


фиг. 2.18 Обобщена логическа схема на процес на преработване на информацията в CAD среда с използване на API и ГА инструментариумите

Разработен е пример, който доказва, че методът, базиран на ГА, използва съвсем различен подход и стратегия на обработка от стандартния метод. Отделните преходи са направени на едни и същи етапи и за двата метода. Главната цел на оптимизацията с ГА е да генерира най-краткия път на инструмента, с който да се обработи детайла. Броят на основните движения на

инструмента, необходими за производството на даден детайл, са мярка за КПД на ЦПУ програмната система. По-малък брой такива премествания на инструмента означава по-високо КПД и по-кратко машинно време, което означава намаляване на производствените разходи.

На фиг. 2.18 е показана обобщена логическа схема на процеса на преработване на информацията в CAD среда SolidWorks с връзката на API приложната вградена логика и функционирането на ГА. Методът таблица на съответствията се разработва за конкретните производствени условия, които могат да са типови детайли тип валови разновидности или комбинации на външни и вътрешни конфигурации за инструмент деформиращи ролки. Получените потребителски 3D модели могат да се съхранят в part- библиотека или да се реализират като работни чертежи чрез модул Drawing.



фиг. 2.19 Генериране на основна ротационно-симетрична геометрия, съобразена с последователността на CAM обработка груба/чиста (технологична база знания TBD)

Генерираните преходи са: таблица 2.1

страна A – A дясна	груба чиста	1 преход → i÷1; i÷2; i÷3; … ; i ÷ i-1 2 преход → i→i-1; i-2; i-3; … ; 3; 2; 1
страна B – B Лява (след преустановяване)	груба чиста	3 преход → j÷1`; j÷2`; j÷3`; … ; j ÷ j-1 4 преход → j→j-1`; j-2`; j-3`; …; 3`; 2`; 1`

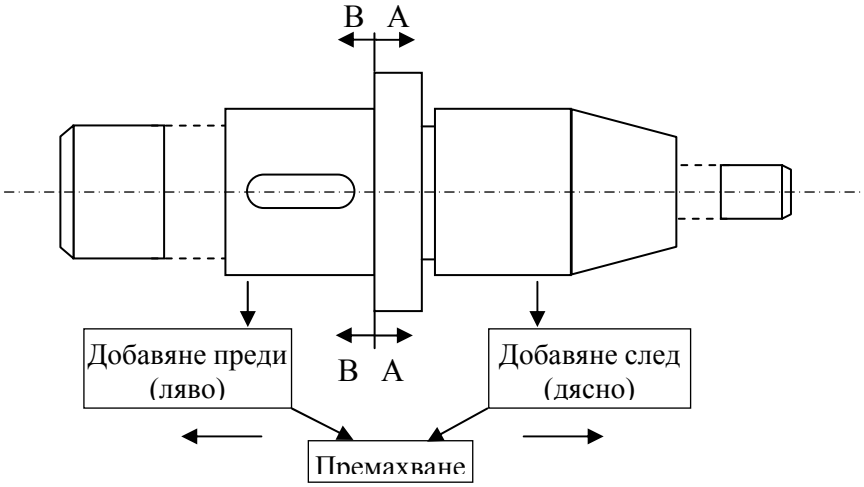
2.6. Автоматизирано технологично програмиране в CAM среда FeatureCAM

На фиг. 2.19 е показан генериран работен part-модел, след функциониране на ГА и API алгоритъма, съобразен с проектираната CAM последователност, груба/чиста разпределена по технологични преходи, цитирани в таблица 2.1.

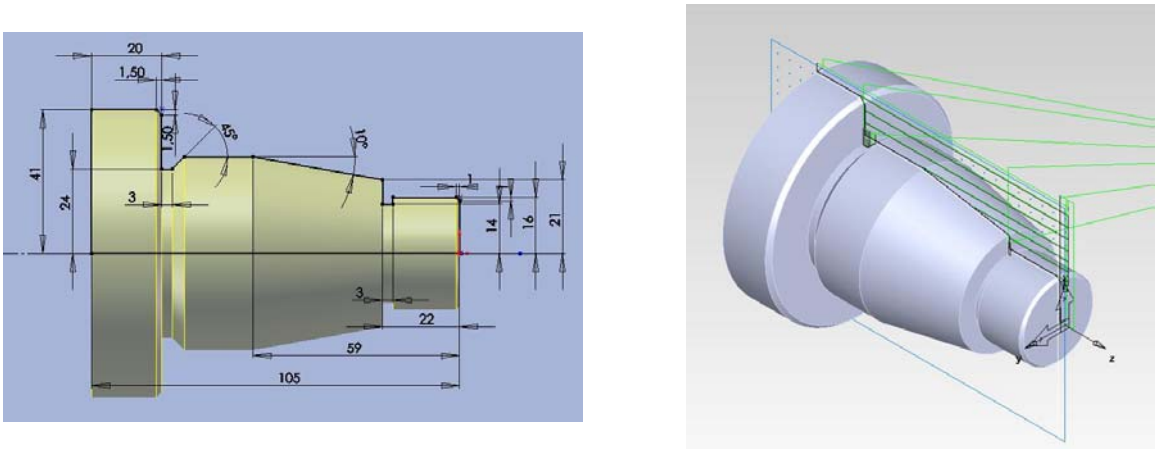
Следва генериране в CAM среда FeatureCAM на технологичните вторични особености (фиг. 2.20) върху основната геометрия, като канали – размерни и неразмерни, конусни повърхнини, фаски, резби и др. Налице са възможности за добавяне преди/след повърхнината за преустановяване или премахване на основна елементарна вариативна повърхнина.

При технологичното генериране върху основната геометрия са възможни редакционни корекции: добави преди или след номер повърхнина, премахни (заличи) и др. Така се натрупва технологична база знания (TBD), която може да се мениджира като файлова структурна единица.

На фиг. 2.21 е показан резултата на CAD/CAM средата SolidWorks/ FeatureCAM като комбинация, работеща с единния за двата продукта API инструментариум, допълнен и адаптиран с практическото приложение на генетичните алгоритми на база на типово технологично проектиране.



фиг. 2.20 Генериране на конкретен детайл за обработка в CAM среда след обработка с генетичен алгоритъм (актуализиране в съответствие с проектираните преходи)



фиг. 2.21 Краен резултат от действието в среда CAD/CAM

2.7. Изводи

1. Създадена е базова структура на модел работещ в CAD/CAM среда, базиран на ГА от вида LGA.
2. Разработена е обобщена логическа схема на процес на преработване на информацията в CAD среда с използване на API и ГА инструментариумите за оптимизация и генерация на типови технологични решения за ротационно-симетрични детайли.
3. Формулирани са етапите за прилагане на последователността в CAD/CAM средата SolidWorks/FeatureCAM.
4. Получените резултати са използвани при създаване на потребителски геометрични и технологични бази знания (ГБД+ТБД).

3. ОПТИМИЗИРАНЕ НА РЕЖИМИТЕ ПРИ СТРУГОВАНЕ ПО КРИТЕРИЙ ТЕХНОЛОГИЧНА СЕБЕСТОЙНОСТ С ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГЕНЕТИЧНИ АЛГОРИТМИ

3.1 Основна схема на оптимизационния процес и избор на алгоритъм за нелинейна оптимизация с приложение на ГА

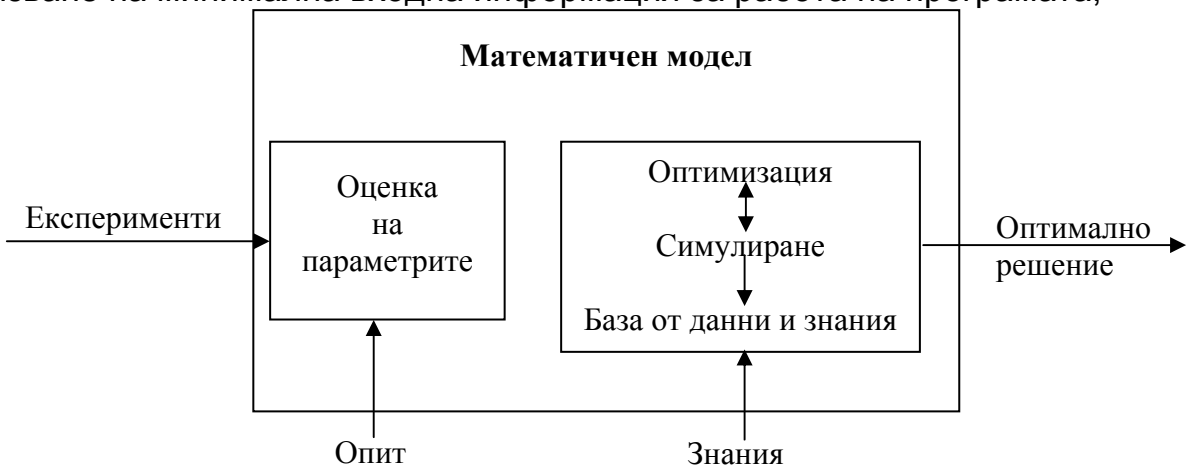
На фиг. 3.1 е показан схематично основния път на преработка на информацията с цел постигане на оптимално решение на база на предварително формулиран математичен модел, състоящ се от оценка на

параметрите на база на натрупан опит и знания, въз основа на създаване на актуални бази от данни и знания, получени на експериментална основа.

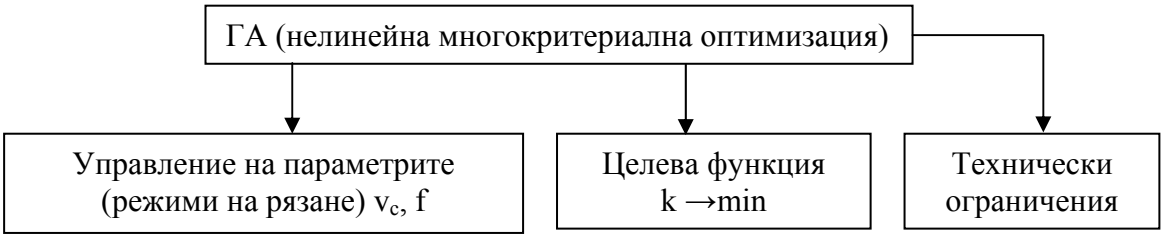
Удачен е изборът на алгоритъм за нелинейна многокритериална оптимизация, функциониращ съобразно следната окрупнена схема (фиг. 3.2).

Основните предимства на оптимизационните алгоритми са следните:

- сходимост;
- бърза сходимост – получаване на решение за кратко време с малък брой изчисления за избраната целева функция;
- минимално използване на оперативната памет от страна на програмата;
- лесна подготовка на условията на задачата за алгоритъма и използване на минимална входна информация за работа на програмата;



фиг. 3.1 Основна схема на оптимизационен процес



фиг. 3.2 Схема за нелинейна оптимизация, адаптирана към определянето на оптимални режими на рязане при струговане

- сигурно изпълнение на критерия за прекратяване на търсенето, съобразно зададената точност;
- изпълнение на всички технически ограничения, наложени от задачата, определящи зоната за вземане на решения;
- универсалност (адаптируемост чрез изменение на критериите за оптималност и комбинативност, посредством избор на варианти на техническите ограничения – обхващане на частни случаи).

3.2 Обща постановка на задачата – оптимизиране на режимите на рязане при струговане

Разработен е математичен модел, който се характеризира със следните важни параметри:

- налице е математичен модел, нелинеен тип;
- изведени са 11 технически ограничения от вида:

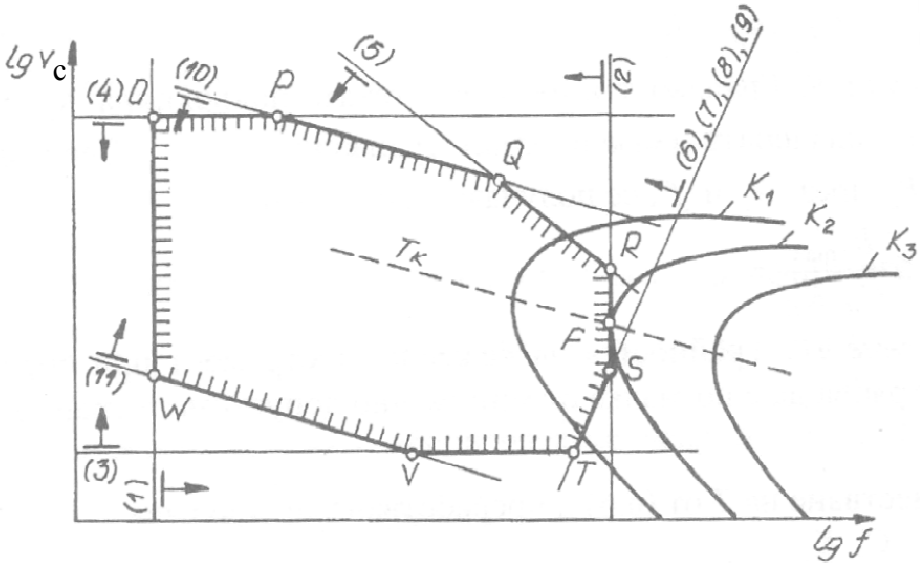
$$v_c^{a_{i1}} . f^{a_{i2}} \lesseqgtr b_i \text{ , i} \in [1..11] \qquad (3.1)$$

- съществува целева функция технологична себестойност, изразена чрез управляващите параметри на математичния модел:

$$K = C_1 . v_c^{-1} . f^{-1} + C_2 . v_c^{n_t - 1} . f^{y_t - 1} \qquad (3.2)$$

Така формулираният модел може да се представи геометрично и равнинно в логаритмична координатна система (*lg* v_c – *lg f*).

Съвкупността от общите за всички ограничения полуравнини определят областта на допустимите решения на задачата (многоъгълника WVTSRQPO - фиг. 3.3).



фиг. 3.3 Геометрична интерпретация на математичния модел

3.3 Приложение на подхода оптимизация чрез генетичен алгоритъм от вида LGA

За така формулираната задача (оптимизиране на режимите на рязане при струговане с целева функция технологична себестойност) е най-подходящо да се използва генетичен алгоритъм от вида LGA, разгледан в глава 2.

Функционалността на предлагания алгоритъм LGA е показано на фиг. 3.5. Насоченото търсене е основна характеристика за така нареченото „утаяване на решението” (намаляване на интензивността на пиковете за разсейване на решението), което гарантира на алгоритъма бързодействие и селектиране към допирната точка на целевата функция (функцията на жизненост) с областта на допустимите решения, определени от техническите ограничения.

3.4 Числов експеримент – входни данни и изходяща графична информация

Числен експеримент за оптимизация на режимите на рязане при механична обработка с използване на този продукт е направен за струговане при следните данни:

- вид на прехода – чисто външно надлъжно струговане;
- обработваем материал – стомана 45 BDS 5785 с механични характеристики: 220HB; σ_B = 700 MPa;
- данни за заготовката – диаметър Dз=60mm и дължина L=215 mm;
- параметри на прехода:

- дължина на рязане l = 100 mm;
- разходи за 1 минута работа на струг СТ161 – 0,5 лв/min;
- разход за инструмент е = 6 лв;
- време за смяна на ножа tсм = 0,5 min;
- дълбочина на рязане ар = 1,5 mm;
- грапавост на обработената повърхнина Ra = 2,5 μm;

Данни за математически модел:

- технически ограничения:

$(1) \rightarrow f \geq 0{,}01$

$(2) \rightarrow f \leq 0{,}14$

$(3) \rightarrow v_c \geq 40$

$(4) \rightarrow v_c \leq 250$

$(5) \rightarrow v_c^{0,8} \cdot f^{0,73} \leq P_{cmax} = 102$

$(6) \rightarrow v_c^{-0,1} \cdot f^{0,73} \leq F_{cmax} = 6{,}81$

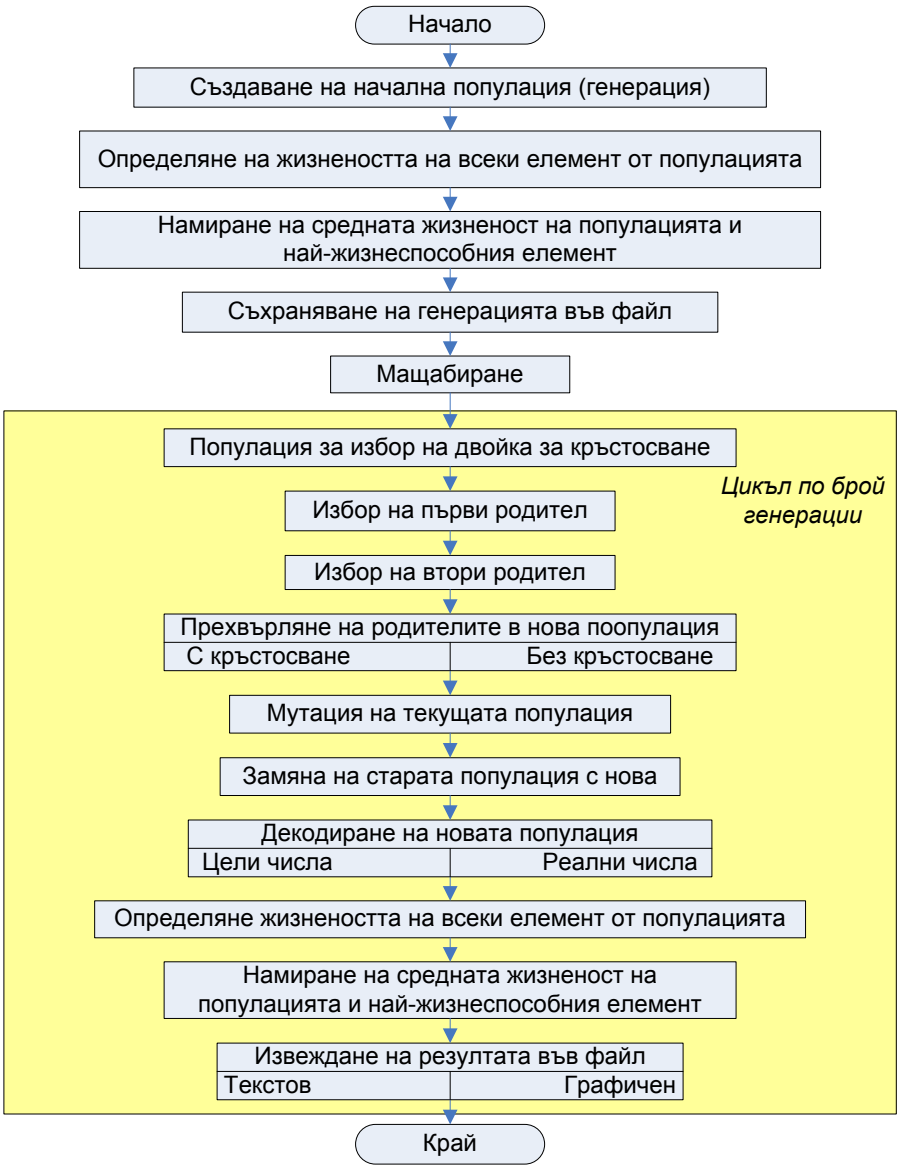
$(7) \rightarrow v_c^{-0,3} \cdot f^{0,6} \leq F_{pmax} = 6{,}81$

$(8) \rightarrow v_c^{-0,4} \cdot f^{0,5} \leq F_{fmax} = 1{,}22$

$(9) \rightarrow v_c^{0} \cdot f \leq 0{,}14$

$(10) \rightarrow v_c \cdot f^{0,33} \leq 220$

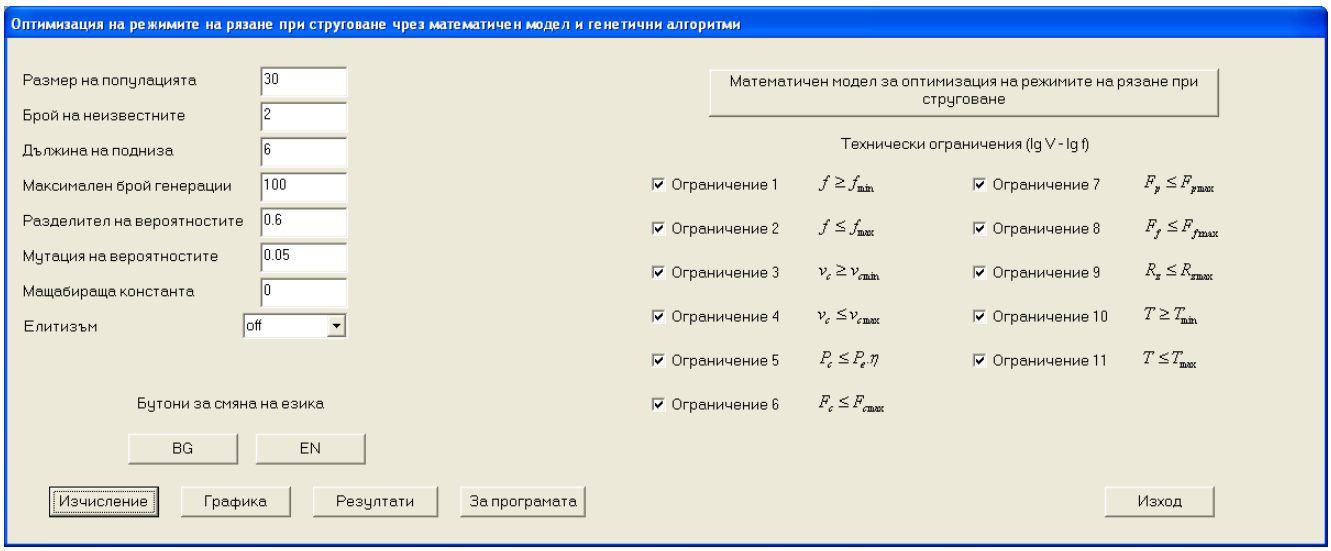
$(11) \rightarrow v_c \cdot f^{0,33} \geq 114{,}09$



фиг. 3.5 Структура на LGA

- целева функция – технологична себестойност K:

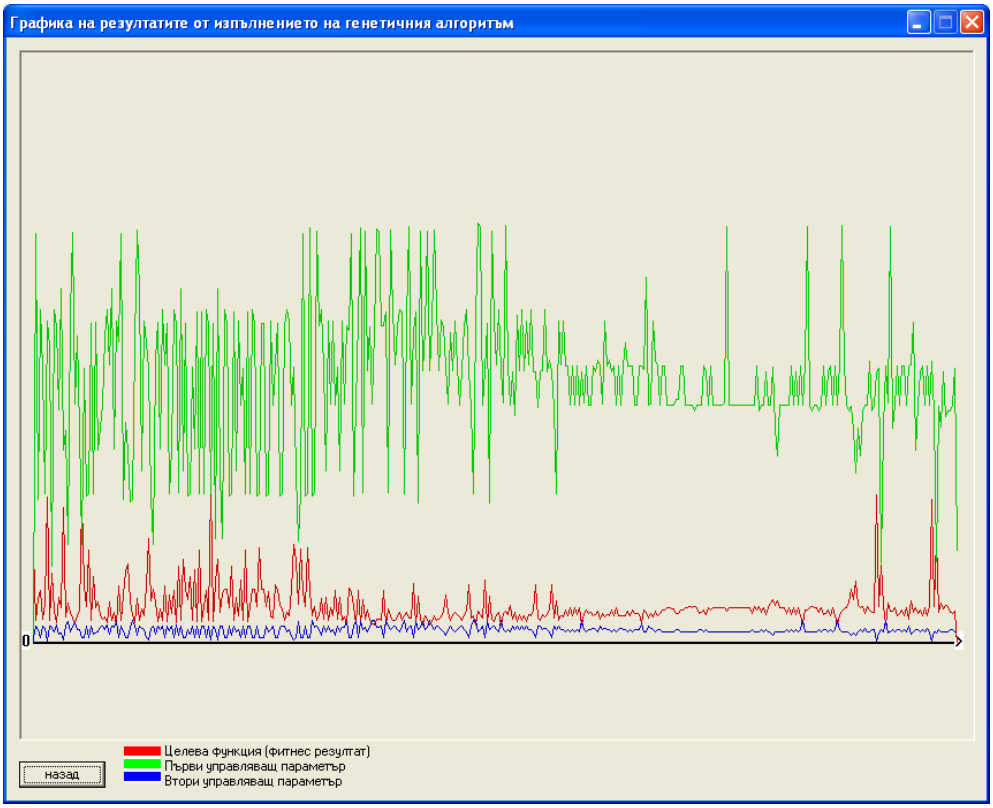
$$K=1{,}8885 \cdot v_c^{-1} \cdot f^{-1} + 2{,}88 \cdot 10^{-7}\, v_c^{2,03} \cdot f^{-0,545}$$



фиг. 3.6 Входен диалогов екран за задаване на параметрите на генетичния алгоритъм и комбинативен избор на техническите ограничения на целевата функция на математическия модел на оптимизация на режимите на рязане при струговане

С така посочените стойности е извършен числовия експеримент в комбинация с група стойности на характеристиките на генетичен алгоритъм (фиг. 3.), които са следните:

- размер на популацията – 20;
- брой на неизвестните (управляващи параметри - v_c и f) – 2;
- дължина на подниза (за всяка една променлива) – 12;
- максимален брой генерации (за повторение на цикъла при генериране на решение) – 100;

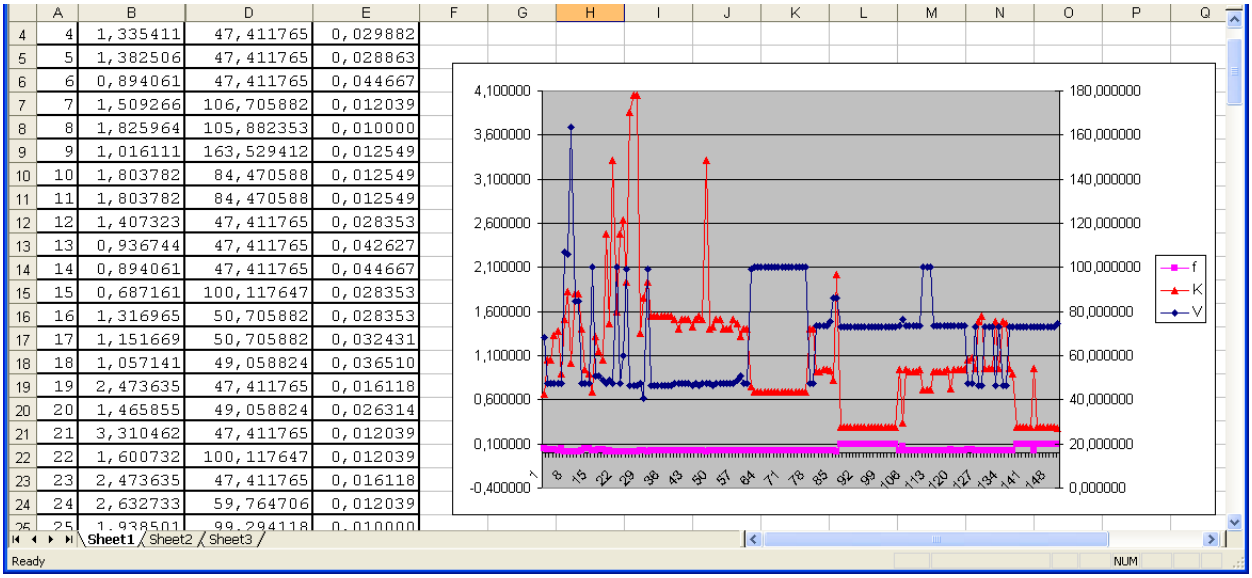


фиг. 3.7 Графична интерпретация на получените резултати (фитнес функцията, първи управляващ параметър – v_c, втори управляващ параметър – f)

- разделител на вероятностите (точка на разделяне за кръстосване) – 0,5;
- мутация (възможност за мутиране на решение с цел изследване на повече възможни решения) – 0,05;
- мащабираща константа (прилага линейно мащабиране при определяне жизнеността на всички членове на популацията, при стойност 0 не се прилага мащабиране) – 1;
- елитизъм (опция за заместване на получен по-лош резултат с оптималния към даден момент).

Резултатите от работата на системата, реализираща генетичния алгоритъм, по зададените входни данни и технически ограничения на математичния модел се съхраняват във файл. Графичната им интерпретация може да бъде видяна от потребителя (фиг. 3.).

При желание от потребителя, съхранената в текстов файл информация за резултатите, може да бъде допълнително обработена с цел анализиране на резултатите от повече изпълнения на алгоритъма с различни входни данни, в среда за работа с електронни таблици, както това е показано на фиг. 3..



	A	B	D	E
4	4	1,335411	47,411765	0,029882
5	5	1,382506	47,411765	0,028863
6	6	0,894061	47,411765	0,044667
7	7	1,509266	106,705882	0,012039
8	8	1,825964	105,882353	0,010000
9	9	1,016111	163,529412	0,012549
10	10	1,803782	84,470588	0,012549
11	11	1,803782	84,470588	0,012549
12	12	1,407323	47,411765	0,028353
13	13	0,936744	47,411765	0,042627
14	14	0,894061	47,411765	0,044667
15	15	0,687161	100,117647	0,028353
16	16	1,316965	50,705882	0,028353
17	17	1,151669	50,705882	0,032431
18	18	1,057141	49,058824	0,036510
19	19	2,473635	47,411765	0,016118
20	20	1,465855	49,058824	0,026314
21	21	3,310462	47,411765	0,012039
22	22	1,600732	100,117647	0,012039
23	23	2,473635	47,411765	0,016118
24	24	2,632733	59,764706	0,012039
25	25	1,938501	99,294118	0,010000

фиг. 3.8 Графична интерпретация на получените резултати в среда MS Excel

3.5 Варианти на изследване на дейността на алгоритъма при различни (препоръчителни) стойности на параметрите му за оптимизационната задача

Вариант 1.

За параметри на генетичния алгоритъм задавам следните стойности, като препоръка от литературния обзор:

- размер на популацията – 30;
- дължина на подниза – 6;
- максимален брой генерации – 100;
- разделител на вероятностите – 0,6;
- мутация – 0,05.

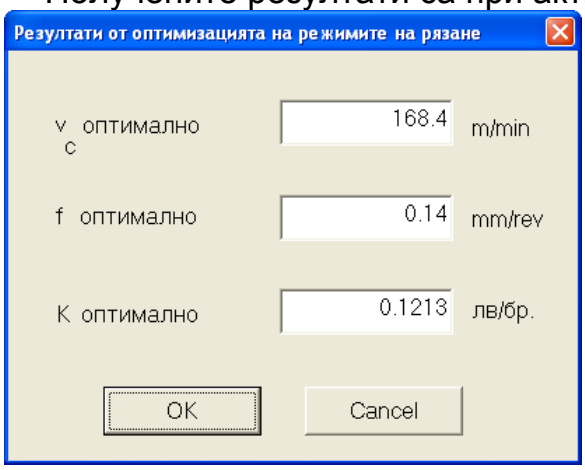
Вариант 2.

За параметри на генетичния алгоритъм задавам следните стойности, като препоръка от литературния обзор:

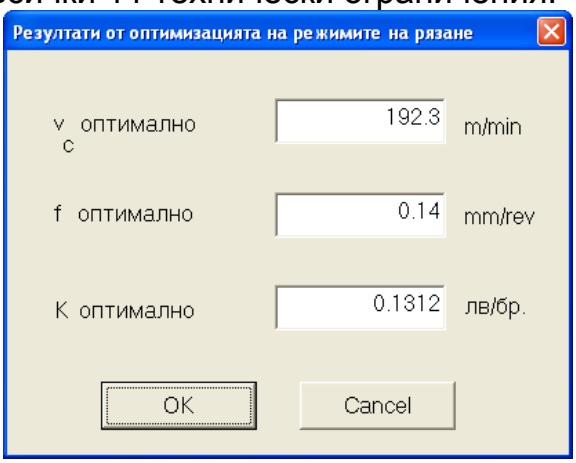
- размер на популацията – 120;
- дължина на подниза – 10;
- максимален брой генерации – 200;
- разделител на вероятностите – 0,36;
- мутация – 0,6;

3.6 Резултати от оптимизацията на режимите на рязане чрез използването на генетичен алгоритъм

Получените резултати са при активни всички 11 технически ограничения.



фиг. 3.4 Резултати за вариант 1



фиг. 3.5 Резултати за вариант 2

3.7 Изводи

1. Предложената комбинацията на генетичен алгоритъм с математичен модел за оптимизация на режимите на рязане осигурява работа с голям брой параметри с дискретни стойности.
2. Разработеният софтуер дава възможност за вариантно задаване на параметрите на генетичния алгоритъм, в определени граници.
3. При решаване на оптимизационната задача има възможност да се променя комбинацията от техническите ограничения чрез съответно отбелязване във входния диалогов екран на активните за варианта.
4. Налице е проверка на различни варианти за установяване на взаимната връзка между параметрите на адаптирания генетичен алгоритъм с характеристиките на математичния модел.

4. СЪЗДАВАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНА ТЕХНОЛОГИЧНА БАЗА ЗНАНИЯ В САМ СРЕДА С ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГЕНЕТИЧНИТЕ АЛГОРИТМИ

4.1 Приложение на генетично алгоритмично базиран модел за ефективно функциониране на интелигентна технологична база знания (ИТБЗ)

Създадената интелигентна технологична база знания е ориентирана към избор на оптимални режими на рязане за използваните стругови металорежещи инструменти, дефинирани като вид обработка, вид пластина, вид инструментален държач и спомагателни приспособления. Принципите на действие се подчиняват на общата структура на ГА метод, а именно:

- *Разпознаване* – включва избора на вид на механичната обработка (струговане в случая, може същият подход да се приложи и върху 2.5 и 3D фрезоване, свредловане, обработване чрез нишкова електроерозия и др.), разпознаване на технологичния преход – обстъргване, разстъргване,

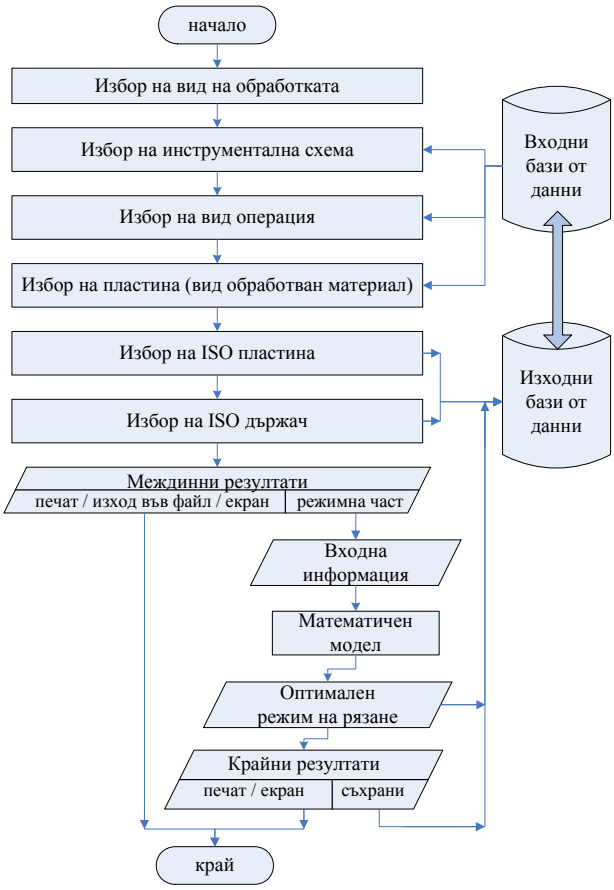
резбообработване, обработване на канали и др., а също и областта на приложение, зададена чрез границите на допустимото подаване f [mm/rev] и дълбочина на рязане ap [mm]. Тези параметри могат да се получат и чрез комуникация с първоначално създадена т.н. входна база от данни;

- *Търсене* – същинска част, която изчислява, сравнява и съпоставя междинните резултати с натрупаните предварително знания, като се вземат решения за поднастройка;
- *Комуникация* със създадената ИТБЗ – тук връзката с предният блок е двустранна, като в цикъл се прилага оптимизационен алгоритъм, работещ по зададени критерии.

4.2 Блок-схема на процеса на преработване на информацията в една технологична база знания за механичната операция струговане

На фиг. 4.1 е показана окрупнена блок-схема на разработката ИТБЗ за операция струговане.

Режимни критерии са избора на ISO пластина (примерно: RNMG 15 05 00 40 35..) и на нейна база препоръки за избор на ISO стругов държач (примерно: PRNGL 32 25 ….).

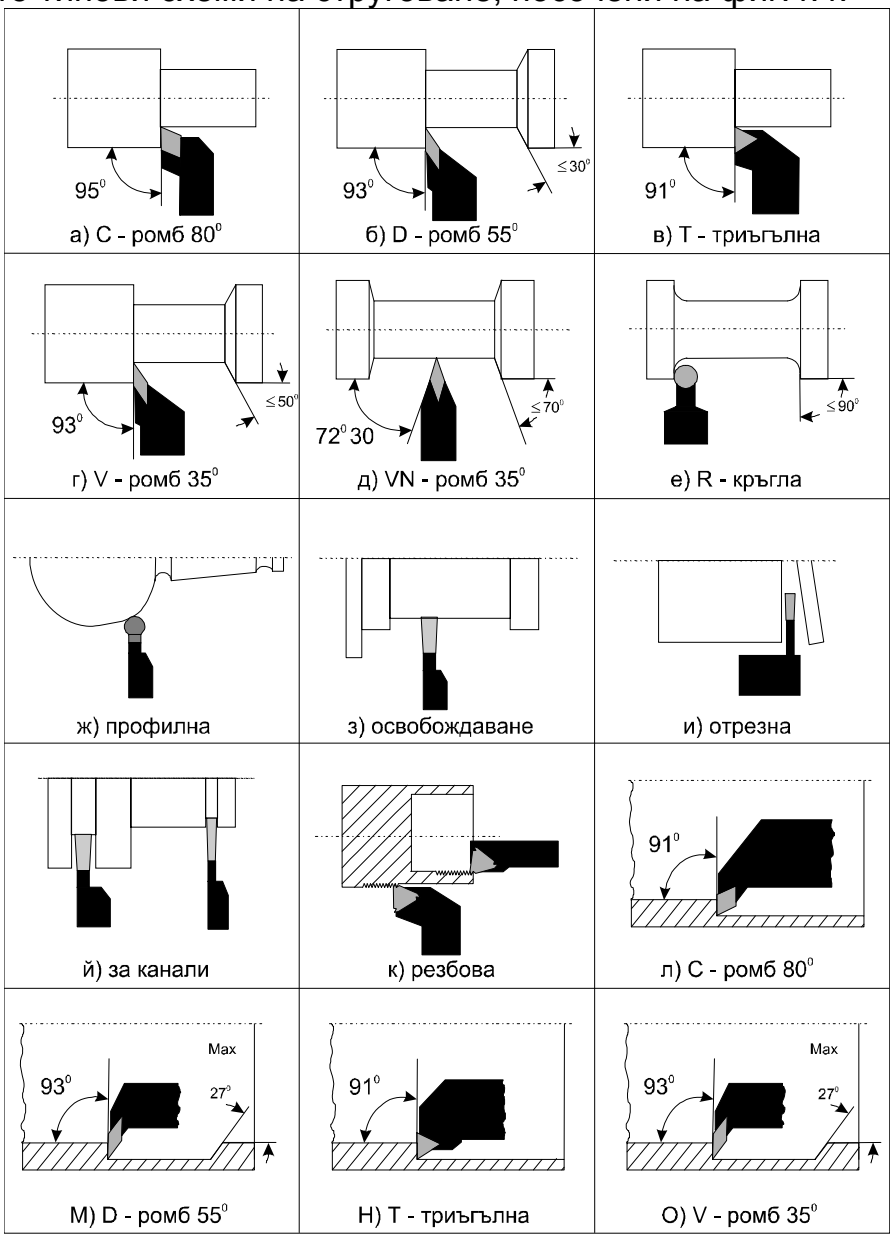


фиг. 4.1 Окрупнена блок-схема

Междинните резултати могат да се извеждат като варианти на: печат (в DOC или PDF вид), във вид на графичен векторен файл (DXF или DWG), графична екранна информация (екранно Preview) или като оценка на резултатите (режимна таблица). Всички данни се записват отново в създадената ИТБЗ, като се извършва междинна сортировка, актуализация или допълване със новоизчислени режимни или технологични знания.

4.3 Метод за автоматизиран избор на стругови инструменти тип "COROMANT"

При създаването на типовите случаи (схеми) на струговане са отчетени съдържащите се в справочника "COROKEY" данни за предлаганите пластини и приложимостта им за изпълнението на струговите преходи, които са разработени в 15 типови схеми на струговане, посочени на фиг.4.4.

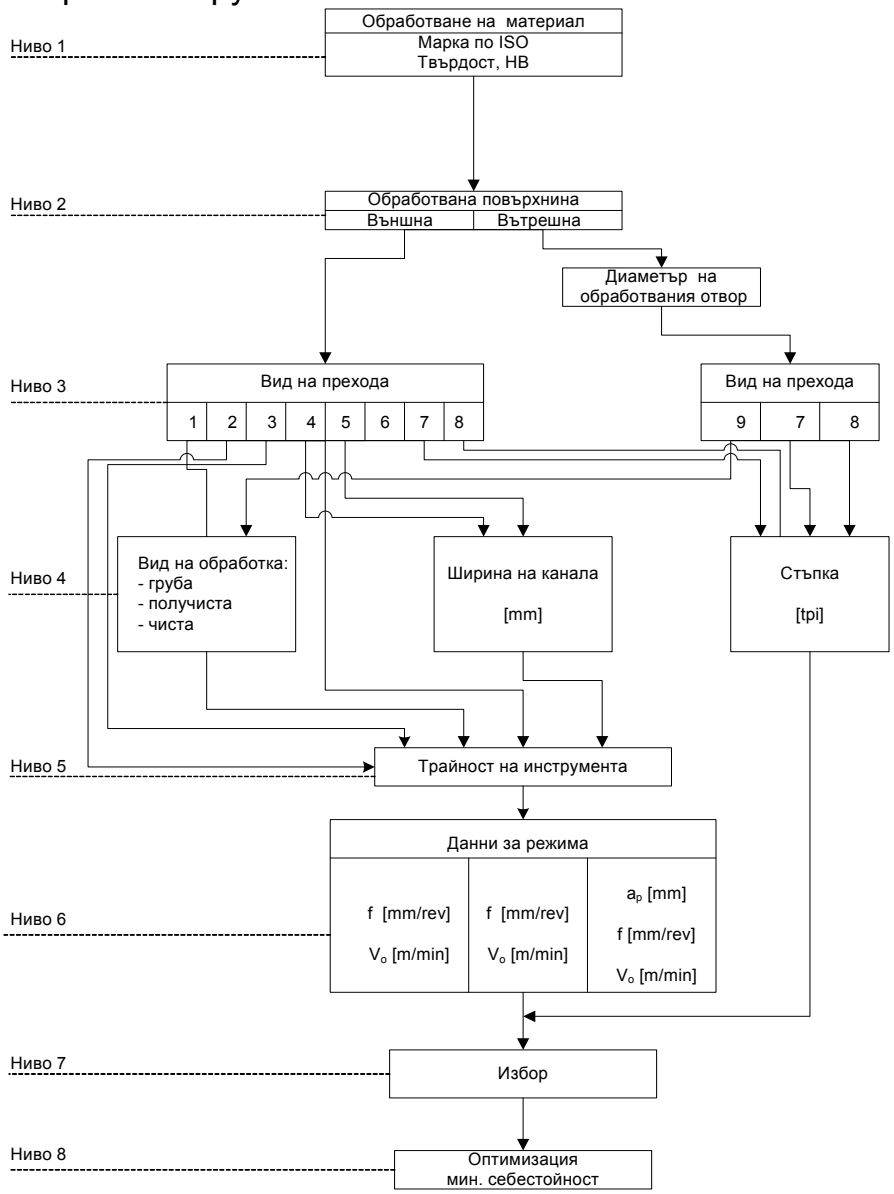


фиг. 4.4 Типови схеми на струговане

От разработените типови схеми на струговане се вижда, че многозначен избор по отношение формата на пластината е възможен само в случаите на обстъргване и разстъргване. Тези типови схеми на струговане се предлагат на технолога при подготовката на входните данни и влияят върху многозначността на последващия избор. Ако, съгласно въведените данни за режима на рязане нито един типоразмер пластина, за посочена типова схема на струговане не може да бъде избран се предлага на технолога, или да промени данните за режима на рязане (възможно е да е въвел некоректни данни при подготовката на входната информация), или да промени схемата на струговане. Следователно още на етапа подготовка на входни данни, чрез разработения

метод за логически контрол, се отстранява възможността за недостатъчен избор, т.е. за неизбиране на пластина и държач.

Ограниченията при избора на режещ инструмент се отнасят към класа променлива информация и влияят пряко върху резултата от избора. На фиг. 4.5 са посочени ограниченията при избора на инструмента, които са изградени като йерархична система с 7 нива. Представянето им във вид на дървовиден граф най-ясно и еднозначно определя влиянието на всеки предходен критерии (ниво на избор) върху множеството от критерии за избор на следващите нива. Всяка от веригите на графа еднозначно определя необходимите и достатъчни условия за последващия избор на инструменти.



фиг. 4.5 Ограничения при автоматизиран избор на режещи инструменти (нива)

Разработеният метод и алгоритъм за избор на алтернативни варианти пластина – държач включва изпълнението на три основни подзадачи:

- Коригиране стойността на въведената скорост на рязане; Извършва се по формулата:

$v_{кор} = v_C.k_{HB}.k_T$, където:

v_c - стойност на въведената от технолога скорост на рязане за изпълнение на технологичния преход;

k_{HB} - корекционен коефициент, отчитащ свойствата на обработвания материал;

k_T - корекционен коефициент, отчитащ трайността на инструмента.

- Избор на пластина и държач;

Изборът се извършва от файловете на БД"Стругови инструменти" с отчитане конкретните критерии на избор. Съгласно разработения метод на решение, изборът е винаги успешен, тъй като още на етапа подготовка на входни данни, чрез програмата за логически контрол се отстранява възможността за недостатъчен избор, т.е. за неизбиране на пластина. Принципът на избор е основан на търсене на пластина с параметри, чиито номинални стойности за режима на рязане най -малко се отклоняват от реално въведените. Ако от дадена форма, повече от един типоразмер отговаря на изискванията, се избира най -малкия типоразмер. След избора на пластина, в зависимост от размера на режещия и ръб или номера на гнездото, се подбират всички подходящи държачи и, ако са повече от един, се предоставя възможност на технолога да маркира един или повече, в зависимост от разполагаемите в инструменталното стопанство.

- *Подготовка на изходния документ "Спецификация на режещите инструменти"*

Подготовката на изходния документ се извършва успоредно с избора на пластина - държач и съдържа следните групи информация:

- вид на прехода;
- вид на обработката;
- режим на рязане;
- геометрия и марка на материала на пластината;
- код на пластината за поръчване;
- код на държача за поръчване.

Решаването на описаните три основни подзадачи се изпълнява до изчерпването на всички технологични преходи от подготвените входни данни. Изходният документ е окончателно подготвен и може да се изведе и разгледа на екрана на компютъра и да се отпечата с възможност за тиражиране.

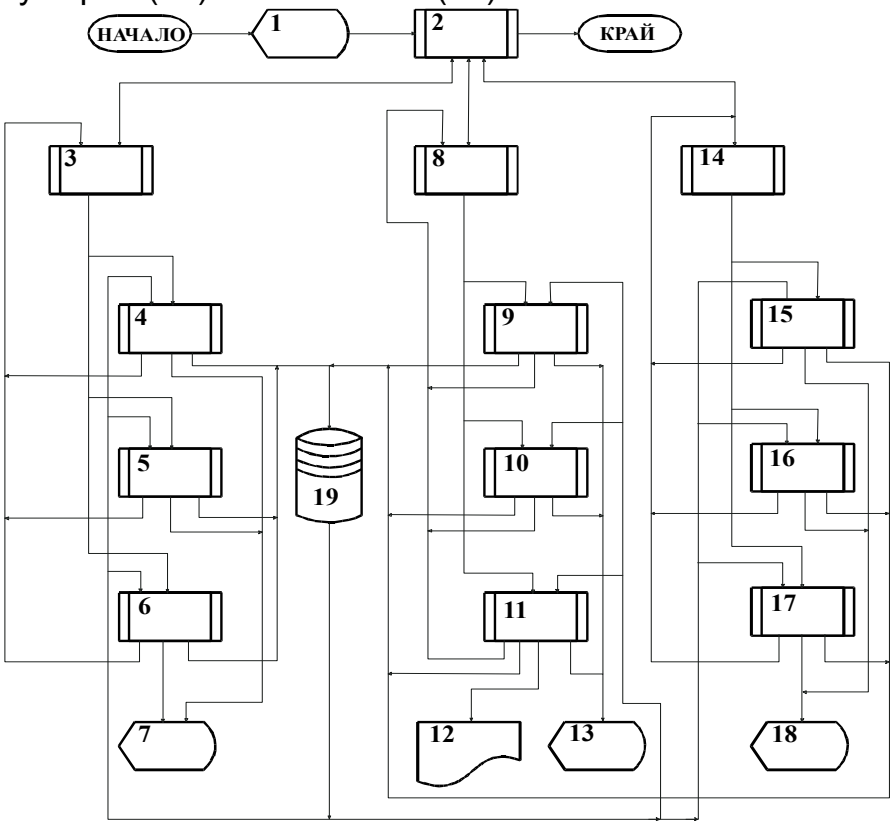
4.4 Разработване на програмна система за автоматизиран избор "*COROCHOSE*"

Функционалният модел на системата е изграден в съответствие със структурния и е посочен схематично на фиг.4.6. Програмната система е изградена с модулна структура, при което след въвеждане на код и парола за регламентиран достъп (1), главната програма (2) управлява работата на модулите от първо ниво (подсистемите): подсистема "Входни данни" (3), подсистема "Избор на инструменти" (8) и подсистема "Сервиз" (14).

Подсистемата "Входни данни" управлява работата на програма за въвеждане на входни данни (4), програма за копиране на архивни данни (5) и програма за актуализиране на входни данни (6). Всяка от програмите работи в диалогов режим (7) като количествената информация се въвежда чрез клавиатурата, а качествената се избира от менюта.

Подсистема "Избор на инструменти" управлява работата на програма за избор на входни данни (9), програма за избор на пластина - държач (10) и

програма за извеждане на подготвения технологичен документ с резултатите от избора (11) върху екран (13) или на печат (12).



фиг. 4.6 Функционален модел на програмна система за автоматизиран избор на режещи инструменти

Автоматизираната система за избор на стругови инструменти тип "COROMANT" включва в състава си ***32 подпрограми, написани на Clipper*** в графичен режим на работа с отчитане на съвременните достижения на изчислителната техника. Системата може да се стартира под управление на DOS и под управление на WINDOWS.

4.5 Анализ на резултатите от експерименталното изследване на "COROCHOSE"

За илюстрация на работата на *COROCHOSE* е използван ***пример 1*** - обработване на детайл от типа на валовете. Предвидено е обработване на струг с ЦПУ. Данните за технологичните преходи, получени от програмната система са посочени в табл. 3. 1.

табл. 3. 1

№ на прехода	Технологичен преход	Данни за режима на рязане				
		f	v_c	a_p	f_r	Стъпка
1	Обстъргване - грубо	0,5	112	3	-	-
2	Обстъргване - чисто	0,2	189	1,16	-	-
3	Прорязване канал 3 mm	0,12	95	3	0,1	-
4	Нарязване на резба - метрична	1,25	-	-	-	1,25
5	Нарязване на резба – цолова (навивки за цол)	-	-	-	-	24

Пример 2 - Избран е детайл "Колело зъбно". Данните за режима на рязане са посочени в табл. 3. 2.

табл. 3. 2

№ на прехода	Технологичен преход	Данни за режима на рязане		
		f	v_c	a_p
1	Обстърговане - грубо	0,50	149	2
2	Обстърговане - грубо	0,50	101	3
3	Разстърговане - грубо	0,25	195	1
4	Обстърговане - чисто	0,20	205	0,8

4.6 Изводи:

В резултат на проведените научни и експериментални изследвания на програмна система "*COROCHOSE*" могат да се направят следните изводи:

- Разработени са типови случаи на струговане и са определени критерии на избор, въз основа на които е създаден и практически реализиран метод за подготовка на необходимите входни данни за избор на стругови инструменти.
- Разработена е структурата и състава на БД "Стругови инструменти", и са заредени данните за стругови инструменти, съдържащи се в каталога "COROKEY" на фирма "SANDVIC COROMANT"
- Разработен е и практически реализиран метод за избор на алтернативни варианти пластина - държач, при който е отстранена възможността за недостатъчен избор.
- Създадени са алгоритми и работоспособна програмна система, посредством която практически е реализиран метода за автоматизиран избор на стругови инструменти.
- В разработената програмна система е приложен метод на комуникация с потребителя, отчитащ всички съвременни изисквания. Благодарение на това не се изисква специализирана подготовка за работа с програмата. Системата дава възможност на потребителя да работи така както мисли.

Чрез решаване на реални примери се установи:

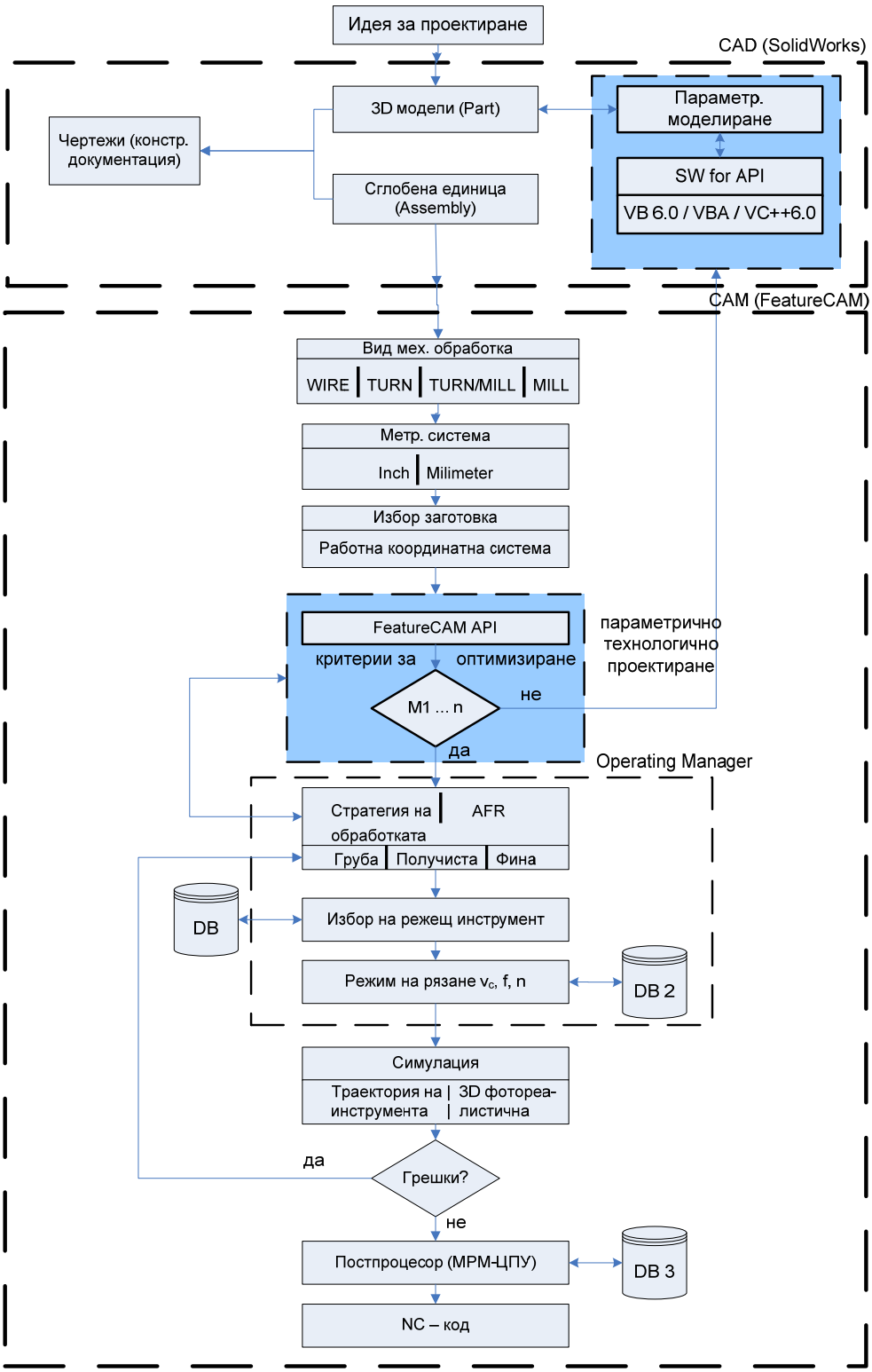
1. Получаваните резултати от избора са реални, което потвърждава правилността на създадените методи и алгоритми:
2. Програмна система "*COROCHOSE*" позволява осъществяването на добър избор на стругови инструменти и от технолози с по – малък практически опит;
3. Автоматизираната система позволява претърсването на всички възможни случаи съгласно конкретните данни, при което времето за избор се намалява около 8 пъти.

5. ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНСТРУМЕНТАРИУМА “МАКРОПРОГРАМИРАНЕ “ В КОМБИНАЦИЯ С ГЕНЕТИЧНИ АЛГОРИТМИ ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНАТА ОПЕРАЦИЯ ЗА РОТАЦИОННО СИМЕТРИЧНИ ДЕТАЙЛИ

5.1 Метод на избор

Обект на разглеждане е типовото автоматизирано конструктивно и технологично проектиране на ротационно–симетрични детайли с приложение на инструментариума “макропрограмиране” в среда CAD/CAM. Като примерни детайли се разглеждат ролки формообразуващи, работещи като поетапно

деформиращ инструмент в поточните линии за производството на различни профили шевни тръби от производствената програма на “Прециз – Интер” ООД, Иваново. Подбрани са примери на ролки: едностранни и радиусно-профилна двустранна.



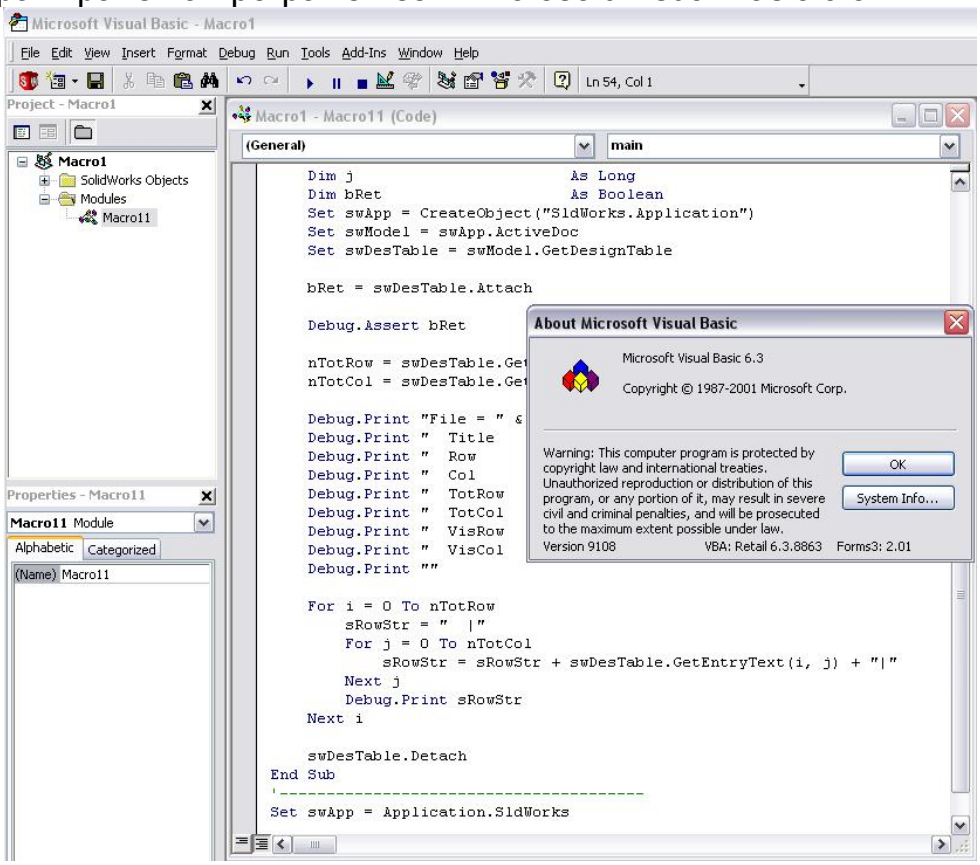
фиг. 5.1 Обобщена блок-схема CAD/CAM проектиране с приложение на макропрограмиране чрез API

На фиг. *5.1* е показана окрупнена блок-схема на преработка на информацията в една комбинация от CAD/CAM системи. За автоматизирано конструктивно проектиране е използвана CAD средата на SolidWorks, като основен акцент е приложението на параметричното програмиране. Тук се

използва подхода на приложение на вградения програмен инструментариум – API for SW. Той се явява логично алгоритмично продължение на типовото параметрично моделиране над общо прилаганата възможност на подхода “Design Table”. За CAM технологично проектиране е приложен CAD/CAM пакета FeatureCAM, като също е акцентувано на API приложния му инструментариум. Разработени са серия от програми, написани на VBA, свързани с оптимизационни технологични критерии на варианти от структури на операцията за стругово обработване на ролките с приложение на металорежещи машини с ЦПУ. Обект на разглеждане са параметрите на технологичните преходи, като тип стратегия, избор на подходящ режещ инструмент и автоматизирано определяне на режимите на рязане: v_c и f.

5.2 Последователност на CAD проектирането

На фиг. *5.2* е показана примерна програмна реализация с приложение на макропрограмиране на програмен език Microsoft Visual Basic 6.3.

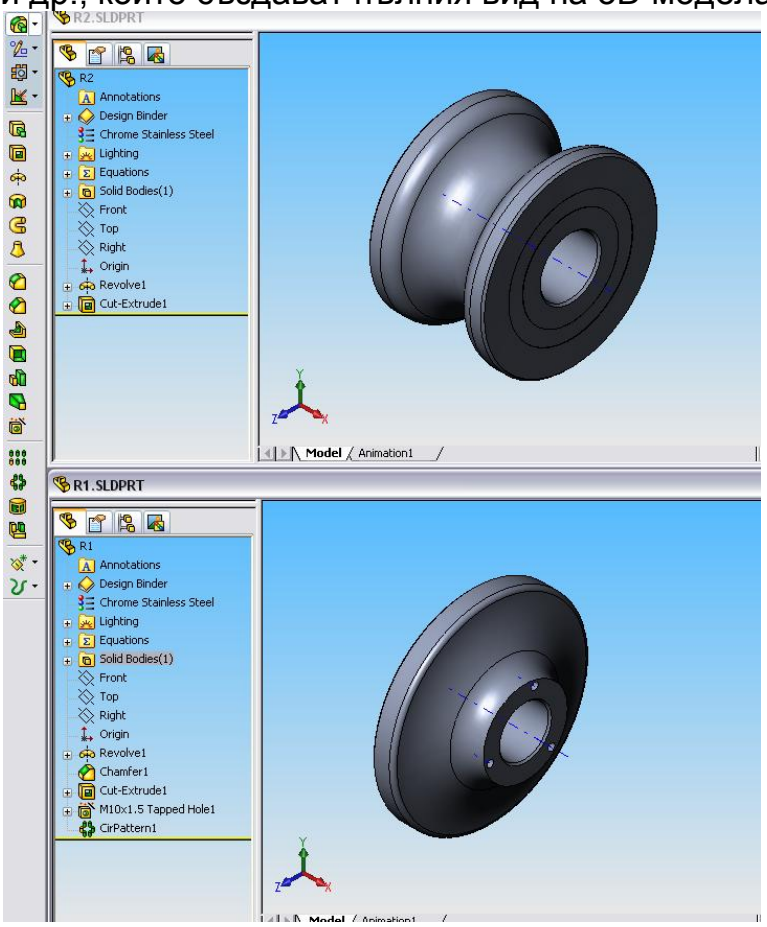


фиг. 5.2 Макропрограма в CAD среда SolidWorks

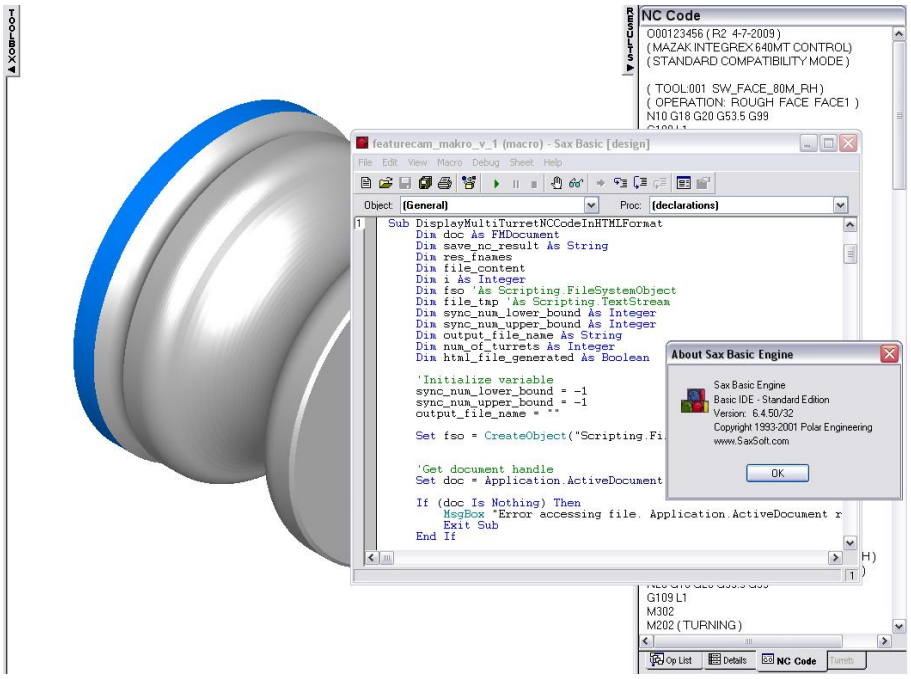
Като резултат на фиг. *5.3* са показани 3D моделите на два вида ролки – външен профил, вариантно разработени като еднопрофилна и двупрофилна – симетрично закрита. Освен външните профили са комбинирани и варианти отвори, които могат да са гладки, с вътрешно технологично освобождаване или с точни лагерни повърхнини в двата края, с шпонков канал и др. В челата на ролките също има варианти за конструктивно проектиране с освобождаване на площадка за надписване, челни отвори с резба 3 или 6 бр. и др. комбинации.

Скиците на SolidWorks 3D моделите са параметрични, като оразмерителните им данни пряко участват в създаването и проверките за избор на типов вариант на приложната Visual Basic програма. На тяхна база се формират т.н. инженерни компоненти - Features, като: Revolve, Cut-Extrude,

Chamfer, CirPattern и др., които създават пълния вид на 3D модела.



фиг. 5.3 Конструктивни 3D модели в CAD среда SolidWorks



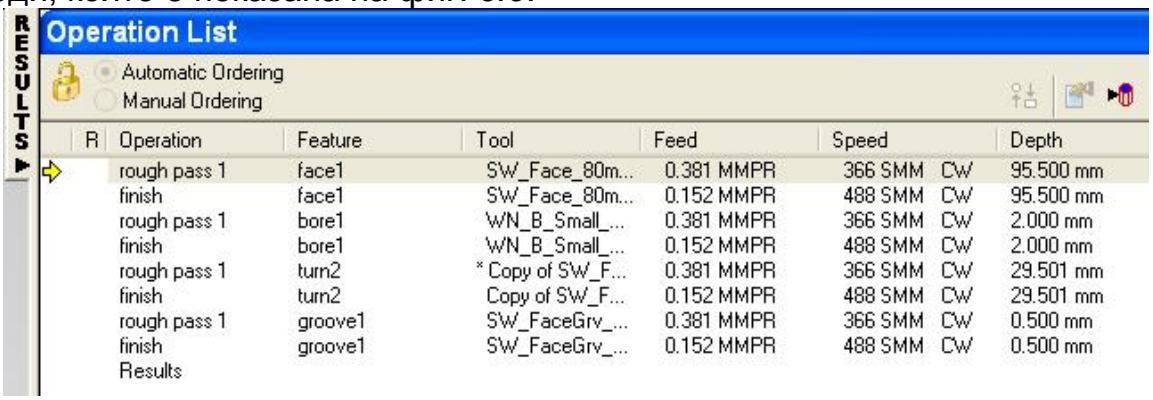
фиг. 5.4 Макропрограма в CAM среда FeatureCAM

5.3 Автоматизирано технологично проектиране в CAM среда

На фиг.5.4 е показан пример за двустранна (затворена) ролка с приложение на подпрограма за автоматизирано технологично програмиране на съдържанието на струговия технологичен преход. Разработена е FeatureCAM Makro програма с приложение на Sax Basic API Engine инструментариума за

генериране на струговата обработка на външния профил чрез приложение на стругарски нож с кръгла пластина. Автоматизирано е и пресмятането на подходящи режими на рязане по критерий вид на обработваемия материал (в случая X12). Установяването на заготовката е в дорник по предварително обработен отвор и конструктивна и технологична база ляво чело на ролката (детайла). Проходите за обработване на контура са пресметнати с макропрограмата, които могат да се симулират със средствата на CAD/CAM пакета FeatureCAM.

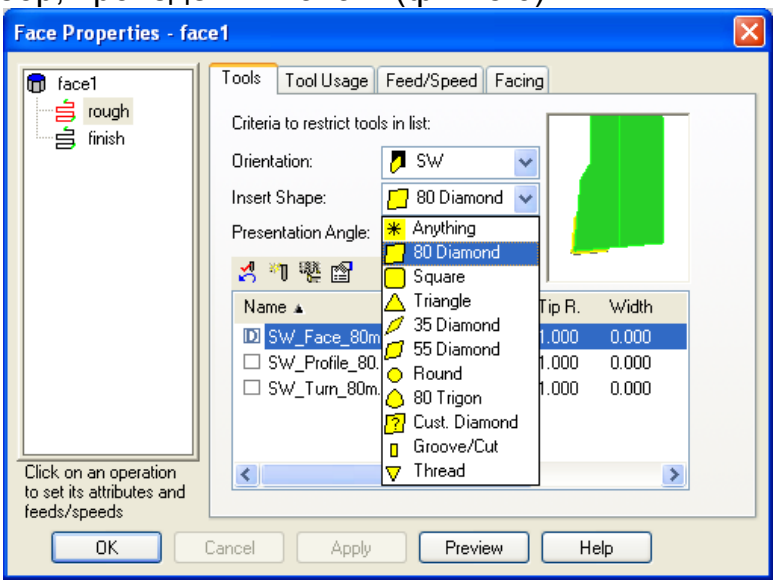
Автоматично се генерира следната технологична последователност на преходи, която е показана на фиг. *5.5*.



R	Operation	Feature	Tool	Feed	Speed		Depth
	rough pass 1	face1	SW_Face_80m...	0.381 MMPR	366 SMM	CW	95.500 mm
	finish	face1	SW_Face_80m...	0.152 MMPR	488 SMM	CW	95.500 mm
	rough pass 1	bore1	WN_B_Small_...	0.381 MMPR	366 SMM	CW	2.000 mm
	finish	bore1	WN_B_Small_...	0.152 MMPR	488 SMM	CW	2.000 mm
	rough pass 1	turn2	* Copy of SW_F...	0.381 MMPR	366 SMM	CW	29.501 mm
	finish	turn2	Copy of SW_F...	0.152 MMPR	488 SMM	CW	29.501 mm
	rough pass 1	groove1	SW_FaceGrv_...	0.381 MMPR	366 SMM	CW	0.500 mm
	finish	groove1	SW_FaceGrv_...	0.152 MMPR	488 SMM	CW	0.500 mm
	Results						

фиг. 5.5 Операционен лист на генерираните преходи

Настройките на предлаганите технологичните преходи включват актуализиране на параметрите на режещия инструмент съобразно данните от автоматизирания избор, проведен в глава 4 (фиг. 5.6).

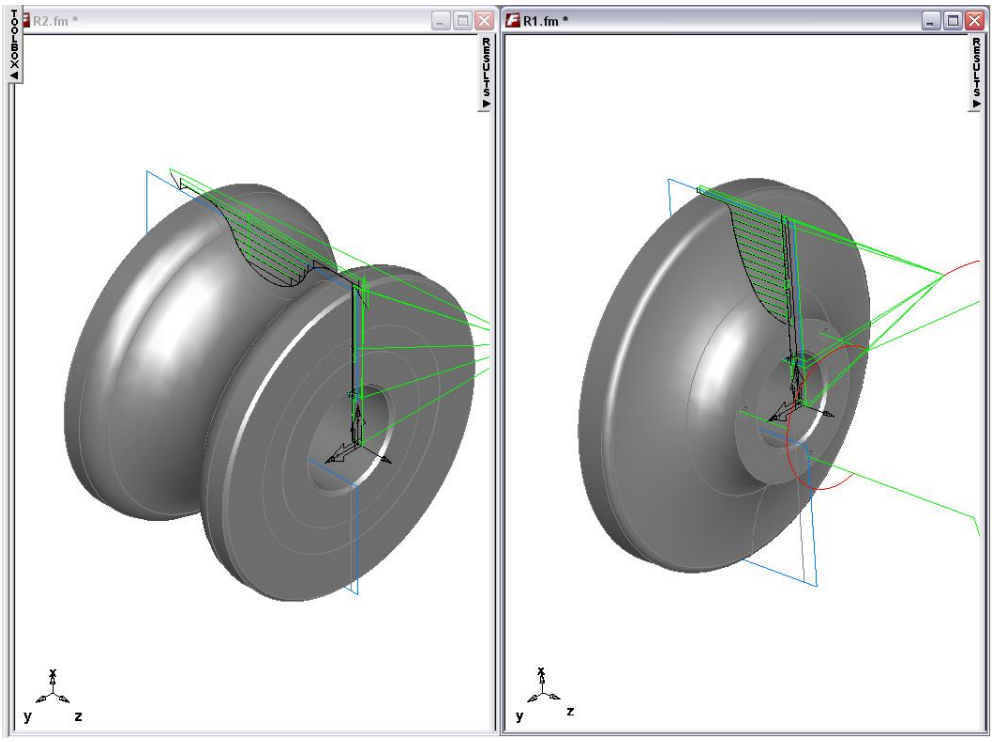


фиг. 5.6 Параметри на избрания режещ инструмент

На фиг. *5.20*20 е показан крайният резултат от проектираната стругова операция за разглежданите типови детайли – ролки формообразуващи с генерация на траекторията движение на инструмента. Конфигурира се т.н. Operating Manager – списък на преходите в операцията. Те могат също успешно да се редактират, като това е основно предимство на CAM средата.

Следва симулация в различни програмни режими. При добър резултат (успешно структурирана операция) се формира крайният продукт – NC кода на струговата операция чрез указване на точната потребителска комбинация стругова металорежеща машина – система за ЦПУ от базата от технологични

данни. Това са разработени макро-потребителски бази от данни, с които разработеният макроапарат на ниво CAD и CAM функционира в двустранна обменна посока. Налице е и програмна възможност за указване на варианти постпроцесорни комбинации в зависимост от формата на програмното NC изречение. Това е опцията XBUILD на CAD/CAM пакета FeatureCAM.



фиг. 5.20 Краен резултат от стругова операция в CAM среда FeatureCAM

5.4 Изводи

- Разработен е макроапарат за автоматизирано конструктивно CAD и технологично CAM проектиране, работещо с приложение на вградения програмен инструментариум API за CAD/CAM комбинацията SolidWorks /FeatureCAM;
- Разработен е метод за приложно CAD/CAM моделиране и типово технологично и параметрично проектиране на струговата обработка на детайли ролки деформиращи.

ПРИНОСИ

- ***НАУЧНО – ПРИЛОЖНИ***

1. Предложена е комбинация на генетичен алгоритъм с математичен модел за оптимизация на режимите на рязане, осигуряваща работа с голям брой параметри с дискретни стойности.
2. Разработен е универсален алгоритъм за оптимизиране на режимите на рязане по зададен математичен модел, който позволява адаптиране към променяща се среда.
3. Разработен е приложен софтуер, даващ възможност за вариантно задаване на параметрите на генетичния алгоритъм в определени граници – от тип LGA, като при решаването на оптимизационната задача има възможност да се променя комбинацията от технически ограничения.

4. Въведен е генетичен алгоритъм за генериране на груба и довършителна стратегия на движение на режещия инструмент, който осигурява обработване на ротационно-симетрични детайли на струг с ЦПУ.

5. Предложен е алгоритъм, вграден в технологичния процесор на CAM средата FeatureCAM, който открива колизии на режещия инструмент с обработвания детайл и проверява възможността за обработка на детайла с този режещ инструмент.

6. Формулирани са етапите за последователността на работа в предлаганата CAD/CAM комбинация SolidWorks/FeatureCAM.

7. Разработен е метод за избор на алтернативни варианти пластина – държач, при който е отстранена възможността от недостатъчен избор.

8. Разработени са алгоритми и програмна система CoroChose, чрез която е реализиран метода за автоматизиран избор на стругови инструменти, като е приложен подход за комуникация с потребителя и съхранение на правилния избор за конкретни условия на механична обработка.

9. Приложените генетични алгоритми като инструментариум за оптимизация при проектиране на елементите на технологичната операция за механична обработка на ротационно-симетрични детайли в CAD/CAM среда и създаването на интелигентна геометрична и технологична база данни са предпоставка за повишаване на качеството и намаляване на себестойността на произвежданите детайли върху МРМ с ЦПУ.

10. Разработен е метод за приложно CAD/CAM моделиране и типово технологично и параметрично проектиране на струговата обработка на детайли – ролки деформиращи.

- ***ПРИЛОЖНИ***

1. Получените резултати от работата на интеграцията API и генетичните алгоритми в CAD средата SolidWorks и CAM средата FeatureCAM са използвани за създаване на потребителски геометрични и технологични бази данни в условията на примерни тестови внедрители.

2. Разработеният програмен продукт на база на интеграцията на генетичен алгоритъм и математичен модел за оптимизиране на режимите на рязане има отворен характер, позволяващ да се разшири и за други целеви функции (функции на жизненост).

3. Разработени са типови случаи на струговане и са определени критерии на избор, йерархично разпадащи се в създадената програмната система CoroChose за автоматизиран избор на стругови режещи инструменти.

4. Разработена е структура и състав на база данни “Стругови инструменти”, съдържащи се в каталога CoroKey на фирма “Sandvic Coromant”.

5. Работоспособността на системата за избор на режещи инструменти е потвърдена чрез получените резултати от решаване на реални примери.

6. Разработен е макроапарат за автоматизирано конструктивно CAD и технологично CAM проектиране, работещо с приложение на API за CAD/CAM комбинацията SolidWorks/FeatureCAM.

НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **Атанасов, И.** Технологична база данни за автоматизиран избор на режещ инструмент (струговане). В: 7 международна конференция по

машиностроителна техника и технологии АМТЕХ 2003, Варна, Технически университет - Варна, 2003, стр. 134-137

2. **Атанасов, И.** Макропрограмиране за типови ротационно-симетрични детайли в CAD/CAM среда. В: XVIII ННТК с международно участие "АДП-2009", ТУ-София, катедра АДП, София, Издателство на ТУ- София, 2009
http://www.tusofia.bg/faculties/mf/adp/nntk_files/konf_09/Materials/NAPRAVLENIE_9/8_I.Atanasov.pdf

3. **Атанасов И**., Д.Атанасова. Приложение на генетичните алгоритми за оптимизиране на технологичната операция в CAM среда. В: Научни трудове на Русенски университет, Русе, Издателство на РУ, 2009, стр. серия 2, том 48
http://conf.uni-ruse.bg/bg/docs/cp09/2/2-8.pdf

4. **Атанасов И.**, М. Теодосиева, Ив. Колев. Концепция за проектиране на технологичната операция с генетични алгоритми в CAD/CAM среда. В: Конференция на РУ и СУ 2012, Русенски университет, 2012
http://conf.uni-ruse.bg/bg/docs/PR2012/RU2012-Prog-2.1.pdf

5. **Atanasov Ivo,** Desislava Atanasova. Genetic Algorithms as a Toolkit for Automated Technological Design in CAD/CAM Environment // Knowledge Based Automated Software Engineering (KBASE), Cambridge scholars Publishing (book), 2012, No 1, pp. 153-162, ISSN 978-1-4438-3771-2.

ABSTRACT

TECHNOLOGICAL OPERATIONS DESIGN FOR MECHANICAL MACHINING IN CAD/CAM ENVIRONMENT USING GENETIC ALGORITHMS

A combination of genetic algorithm and mathematical model, which ensure work with large number of discrete parameters, is proposed for optimization of cutting parameters.

A universal algorithm for cutting regimes optimization, using a mathematical model, which allows adapting to changing environment is developed.

The author has developed software, allowing variant genetic algorithm parameterization within certain limits. The algorithm used is LGA, as in solving the optimization problem it is possible to change the combination of technical limitations.

The algorithm proposed, embedded in the technology processor of CAM environment FeatureCAM, examines the possibility of processing the detail, using concrete cutter, checks for collisions and analyses the technological strategy of transition.

A method for selecting the alternatives of choice plate - holder, in which the possibility of inadequate choices is removed, has been developed.

In the developed algorithms and software system CoroChose, which implements the method for automated selection of turning tools, has been applied approach to communication with the user and store the right choice for specific machining conditions.