



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ГАБРОВО

Факултет „Машиностроене и уредостроене“

маг.инж. Али Абдулкарим Гитан

**ОПТИМИЗИРАНЕ УСТАНОВЯВАНЕТО НА ЗАГОТОВКИ ПРИ
МЕХАНИЧНО ОБРАБОТВАНЕ В УСЛОВИЯТА НА САД СРЕДА**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертация
за придобиване на образователна и научна степен „доктор“**

Област на висше образование: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.1 Машинно инженерство

Докторска програма: Технология на машиностроенето

Габрово, 2025



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ГАБРОВО

Факултет „Машиностроене и уредостроене“

маг. инж. Али Абдулкарим Гитан

ОПТИМИЗИРАНЕ УСТАНОВЯВАНЕТО НА ЗАГОТОВКИ ПРИ МЕХАНИЧНО ОБРАБОТВАНЕ В УСЛОВИЯТА НА САД СРЕДА

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

за придобиване на образователна и научна степен „доктор“

Област на висше образование: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.1 Машинно инженерство

Докторска програма: Технология на машиностроенето

Научени ръководители: доц. д-р инж. Христо Цанев Метев
доц. д-р инж. Иван Маринов Амуджев

Рецензенти: проф. д-тн инж. Йордан Тодоров Максимов
доц. д-р инж. Ангел Димитров Ленгеров

Габрово, 2025

Дисертационният труд е обсъден и насочен за официална защита на заседание на Разширен катедрен съвет на катедра „Машиностроителна техника и технологии” към факултет „Машиностроене и уредостроене” на Технически университет – Габрово, проведен на 16.05.2025 г.

Дисертационният труд съдържа 119 страници. Научното съдържание е представено в увод, 4 глави и 3 приложения и включва 40 фигури и 17 таблици. Цитирани са 103 литературни източника. Номерацията на фигурите, таблиците и формулите в автореферата е в съответствие с тази в дисертацията.

Разработката по дисертационния труд е извършена в катедра „Машиностроителна техника и технологии” към факултет „Машиностроене и уредостроене ” на Технически университет – Габрово.

Официалната защита на дисертационния труд ще се състои на 18. 09. 2025 г. от 14.00 ч. в Заседателната зала на Технически университет – Габрово.

Автор: Али Абдулкарим Гитан

Заглавие: Оптимизиране установяването на заготовки при механично обработване в условията на CAD среда

Тираж: 3 бр.

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

АП	- автоматизирано проектиране
БД	- база данни
БЕ	- базиращ елемент
БЗ	- база знания
ГР	- главна установъчна технологична база
ДН	- двойнонаправляваща установъчна технологична база
ДО	- двойноопорна установъчна технологична база
ЕС	- експертна система
К _{вн}	- конусна външна повърхнина
К _{вт}	- конусна вътрешна повърхнина
КЕ	- конструктивен елемент
КТ _{ТМ}	- компановъчни твърдотелни модели
Н	- направляваща установъчна технологична база
О	- опорна установъчна технологична база
ОН	- опорнонаправляваща установъчна технологична база
ОЦ	- опорноцентрироваща установъчна технологична база
П	- приспособление
Р	- равнинна повърхнина
Ц _{вн}	- цилиндрична външна повърхнина
Ц _{вт}	- цилиндрична вътрешна повърхнина
СП	- специално приспособление
СБ	- схема на базиране
СУБД	- система за управление на база данни
ТЗ	- техническо задание
ТС	- технологична система
Т _{ТМ}	- твърдотелен модел
УТБ	- установъчна технологическа база
ФБП	- форма на базовата повърхнина
API	- Automation Program Interface
CAD	- Computer Added Desihn
CAE	- Computer Added Engineering
CAM	- Computer Added Manufacturing
CAE	- Computer Added / Sistem Engineering
CAE	- Computer Added / Sistem Engineering

А. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Важен етап от технологическата подготовка на производството се явява проектирането на необходимите приспособления за установяване, както и създаването на конструктивна и технологична документация.

Развитието на системите за автоматизация на инженерния труд през последните години, особено в тяхната САМ-част, наложи разработването на системи за автоматизирано проектиране в областта на технологичната подготовка на производството и в частност на приспособления, които да включват все по-нови инструменти, библиотеки, функционални приложения и нива на интегриране.

Използването на CAD/CAE системи дава възможност за намаляване на ръчния труд и повишаване на качеството на проектиране, но не позволява комплексна автоматизация, тъй като ключовите етапи (избор на оптимална схема на установяване, пресмятане на силите на закрепване, избор на конструкция на базиращите елементи) се извършват ръчно. Отделните етапи на проектирането отнемат много време, което снижава ефективността на тяхната реализация.

Много от съществуващите системи за автоматизирано проектиране имат специализирани модули за разработване на технологична екипировка, но те включват основно проектирането на леярски форми, щанци, пресформи, а проектирането на приспособления за установяване на заготовките се извършва по схемата за проектиране на обикновено изделие.

Този подход не е рационален, тъй като приспособленията са специализирани конструкции, към които се поставят специални изисквания при проектирането.

Една от най-сложните и отговорни задачи при автоматизираното проектиране на приспособленията е изборът на оптимална схема на установяване на заготовките. Затова е необходимо да се допълнят CAD модулите със специализирани блокове за избор на оптимални схеми на установяване на заготовките, разработването на които има особено актуално значение при използване на интегрирани CAD системи които се стиковат добре със САМ модулите на технологичното производство.

Цел и задачи на дисертационния труд

Цел на дисертационната работа е разработване на методика и алгоритми за избор на оптимални схеми за установяване на заготовките при механично обработване и конструктивно им изпълнение с използването на съвременни CAD системи, базирани на технологията на триизмерното твърдото параметрично моделиране.

За постигане на поставената цел са решени следните **основни задачи**:

1. Анализ и систематизация на схемите за установяване и разработване на критерии за избор на базиращи елементи, отчитайки условията за геометрична съвместимост, позволяващи да се извърши избор на схема на установяване, удовлетворяваща геометричната форма на заготовката.

2. Разработване на методика и алгоритми за осигуряване на качеството на проектиране на приспособленията въз основа на избор на оптимална схема за установяване и нейното конструктивно изпълнение.
3. Разработване на модел за автоматизация на проектирането на оптимална схема за установяване и нейното конструктивно изпълнение с използване на съвременни CAD системи, базирани на технологията на триизмерното твърдотелно параметрично моделиране.
4. Определяне на структурата на програмния продукт и на необходимата база данни за избор на оптимална схема установяване.
5. Разработване на методика за практическа реализация на автоматизираната система за избор на оптимална схема на установяване и база данни с твърдотелни модели на БЕ.

Методи на изследване

При разработване на дисертацията е използван системният подход, обектно-ориентираното проектиране и анализ, както и основни положения от научните специалности „Технология на машиностроенето“ и „Автоматизация на инженерния труд и системи за автоматизирано проектиране“.

Научна новост

- Систематизацията на възможните схеми на базиране на заготовките в приспособленията за установяване при механично обработване с оглед използването и при автоматизирано проектиране.
- Методиката и алгоритъмът за избор на оптимална схема на установяване и конструктивната и реализация в зависимост изискваната точност при обработването и необходимия срок на експлоатация на приспособлението.
- Дефинираните критерии за: геометрична съвместимост, позволяващи избор на схема на базиране, удовлетворяваща геометричната форма на заготовката; избор на конструкции БЕ, при използване на различни технологични бази.
- Разработените методика, модели, алгоритми и диаграми на класовете и състоянията които могат да се използват за разработване на софтуерен продукт за избор на оптимална схема на установяване.

Приложимост

- Разработената структурна схема на програмния пакет, необходим за избор на оптимална схема на установяване.
- Разработената база данни с твърдотелни модели на базиращи елементи.
- Автоматизираните таблици за: избор на модели на базиращи елементи; предварителна оценка на икономическата ефективност на проектираните приспособления.

Апробация на дисертационния труд

Дисертационната работа е докладвана и обсъждана на разширено заседание на катедра “Машиностроителна техника и технологии” при ТУ – Габрово.

Етапи от дисертационната работа са докладвани и обсъждани в:

- Международна научна конференция “УНИТЕХ 19”, Габрово, 2019;
- 13th International Scientific and Practical Conference on Environment. Technology. Resources, ETR 2023, Conference Proceedings, Rezekne, Latvia, 2021;
- Национална конференция по машиностроене и машинознание, 08-10.09.2021 г, Варна (сп. Машиностроене и машинознание 2021; бр.31);
- Национална конференция по машиностроене и машинознание, 08-10.09.2022 г, Варна (сп. Машиностроене и машинознание 2022; бр. 32);
- Младежки научен форум „Наука, технологии, иновации, бизнес“, 21-22.11.2024, Пловдив.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд съдържа: въведение, съдържание, 4 глави, класификация на приносите, публикации по дисертацията и литература в общ обем 119 страници включващи 40 фигури, 17 таблици и приложения от 44 страници, в което са включени 16 фигури и 2 таблици. Списъкът на използваните литературни източници е съставен от 103 заглавия.

Б. КРАТКО ИЗЛОЖЕНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Г Л А В А П Ъ Р В А

МЕТОДИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ЗА УСТАНОВЯВАНЕ НА ЗАГОТОВКИТЕ ПРИ МЕХАНИЧНО ОБРАБОТВАНЕ. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННАТА РАБОТА

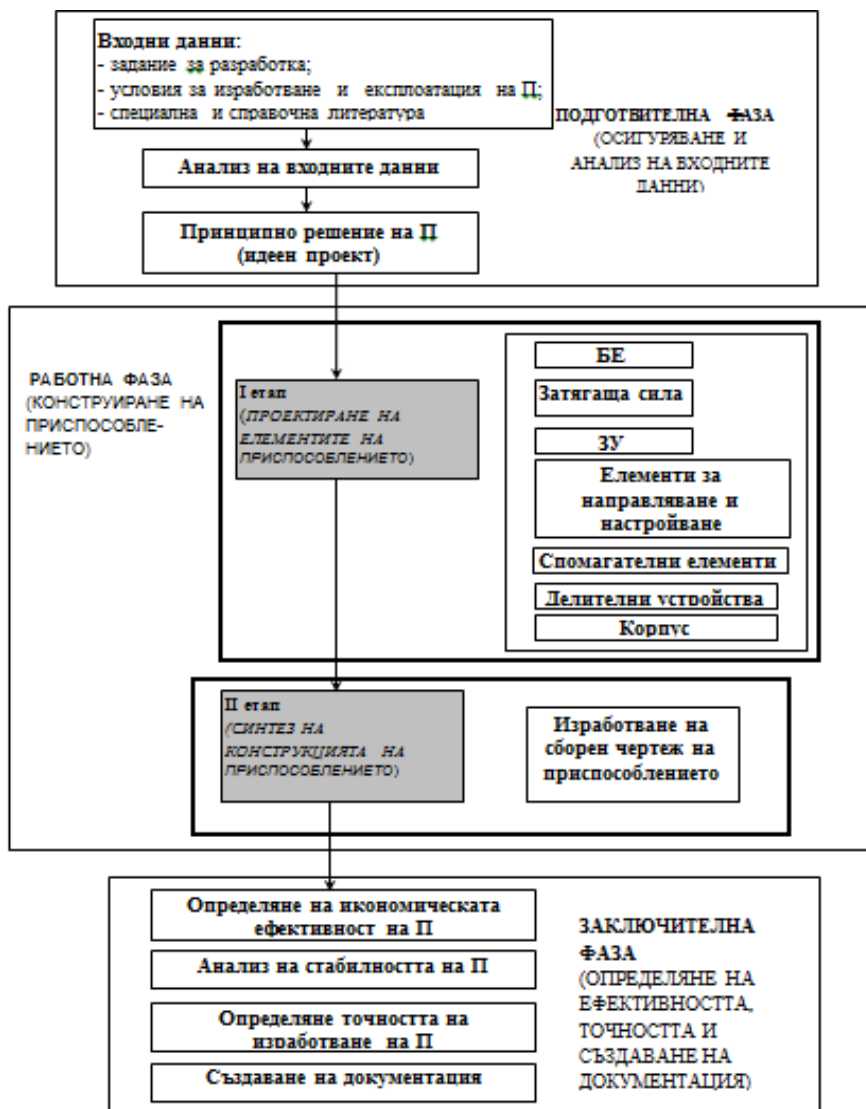
Цикълът конструиране, изработване и внедряване на приспособления за установяване на заготовките при механично обработване заема до 80 % от общото време за технологическа подготовка на ново производство, а разходите за него достигат 15 ÷ 20 % от стойността на оборудването. Поради тази причина задачите свързани с повишаване на качеството, намаляването на времето за проектиране и изработване на приспособленията са едни от важните проблеми на съвременното машиностроително производство.

Решаването на поставените задачи се постига чрез: прилагане на научно-обоснована методика; максимално използване на стандартизирани и нормализирани елементи; използване на компютърна техника.

Редица обективни затруднения засега, ограничават автоматизираното проектиране на приспособления. С помощта на компютърната техника се решават отделни задачи от проектирането, което се извършва по традиционния начин.

За реализиране на задачите свързани с проектирането на приспособления съществуват редица методи, включително и за автоматизирано проектиране.

Фазите и етапите при проектирането на приспособления за установяване на заготовките са показани на фиг.1.1.

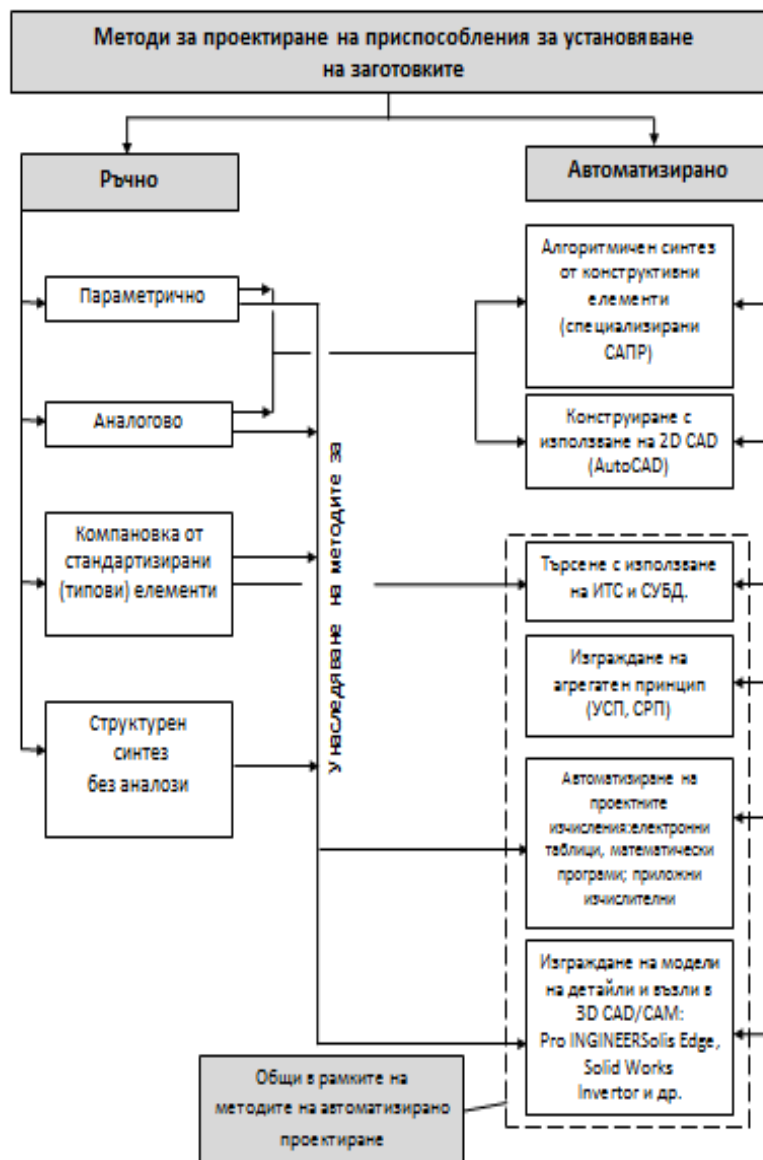


Фиг 1.1 Фази и етапи при конструирането на приспособления

От направеният литературен обзор се е установи, че по-голямата част от работите в областта на автоматизацията на проектиране на приспособления имат общ характер, описващ общите положения на автоматизираното проектиране. При това по-голямо внимание се отделя на кодирането на входящата информация и геометричния анализ на обекта на проектиране. В работите, разглеждащи въпросите на автоматизацията по-подробно, всеки етап на проектиране се провежда локално, без комплексна автоматизация на процеса на проектиране.

В резултат на проведен анализ на методите за ръчно и автоматизирано проектиране, са установени най-подходящите за проектиране на приспособления системи,

осигуряващи възможности за моделиране при минимални разходи, като Solid Edge v.6, Inventor, Solid Works и др. (фиг.1.3).



Фиг. 1.3 Методи за проектиране на приспособления за установяване на заготовките

Разкрити са недостатъците на традиционният (ръчен) метод и е обоснована необходимостта от използването на автоматизиран метод за проектиране на приспособленията.

Задачата за автоматизирано проектиране е комплексна и сложна, решението на която изисква да се изпълнят значителни изследвания и систематизация на използваната при проектирането информация, изработване на специфични правила и методи по формализация на инженерните решения.

От анализа на етапите при проектиране на приспособления е установено, че осигуряването на качеството им зависи от избора на оптимална схема на установяване (СУ) на заготовката и нейното конструктивно изпълнение.

Най-важните функции, изпълнявани от приспособленията са осигуряването на необходимата *точност на обработката*, зависеща от избраната СУ и запазването и с течение на времето - *надеждността на приспособлението*, характеризираща се с междуремонтият му период.

Във връзка с това избора на оптимална СУ и нейната конструктивна реализация е необходимо да се проведе по критериите ***точност и надеждност***.

Критерият за изпълнение на изискваната *точност* се осигурява с помощта на анализа на неточността от установяване на заготовката и допускателна на съответния технологичен размер от условието:

$$IT \geq \varepsilon_y + \omega, \quad (1)$$

$$IT \geq \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3u} + \varepsilon_u} + \omega, \quad (2)$$

където IT е допусъкът на изпълнявания размер, μm ; ε_y – неточност от установяване на заготовката в П, μm ; ε_6 – неточност от базирането, μm ; ε_3 – неточност от закрепването, μm ; ε_{3u} – неточност, свързана с промяната на формата на контактната повърхнина на базиращия елемент (БЕ) при неговото износване, μm ; ε_u – неточност от прогресиращото износване на БЕ, μm ; ω – средна точност на метода на обработка, μm .

Другият критерий, влияещ на избора на СУ, свързан с *надеждността*, зависи от осигуряването на зададения от конструктора междуремонтен интервал (ИМ):

$$ИМ \geq [ИМ], \quad (3)$$

където $[ИМ]$ е зададеният допустим междуремонтен интервал на приспособлението.

Анализът на възможностите на съвременните CAD/CAE системи при избора на оптимална схема на установяване и нейното конструктивно изпълнение показва, че техните стандартни модули и средства могат да осигурят решаването на задачата за комплексна автоматизация на този етап на проектиране, както и да осигурят значително намаляване на загубите на време за проектиране.

ГЛАВА ВТОРА

МЕТОДИКА ЗА ИЗБОР НА ОПТИМАЛНА СХЕМА НА УСТАНОВЯВАНЕ НА ЗАГОТОВКИТЕ В ПРИСПОСОБЛЕНИЯТА И НЕЙНАТА КОНСТРУКТИВНА РЕАЛИЗАЦИЯ

Извършена е систематизация на възможните схеми на базиране (СБ) на заготовките в приспособленията за установяване при механично обработване с оглед използването и при автоматизирано проектиране.

В разработената систематизация на СБ, на една теоретична схема на базиране съответстват няколко възможни реализации, броят на които зависи от геометричните форми на повърхнините, използвани за установъчни технологични бази (УТБ). Съчетавайки възможните УТБ с възможно използваните БЕ (табл. 2.2) се получават възможните схеми на пълно базиране (табл. 2.4). Изборът на СБ за конкретна операция (заготовка) зависи от различни фактори. Тази систематизация е значително по-

рационална, тъй като структурата и отразява последователността на избор на оптимална СБ – анализ на теоретичната СБ, анализ на геометрията на заготовката, формиране на възможния списък със СБ.

Табл.2.2 Базиращи елементи

Базиращи елементи	Означение	Базиращи елементи	Означение
Опора (цилиндрична или плоска)	О	Дорник цилиндричен срязан	Д _{цс}
Призма дълга	Пр _д	Дорник конусен	Д _к
Призма дълга подвижна	Пр _{дп}	Втулка цилиндрична дълга	В _{цд}
Призма къса	Пр _к	Втулка цилиндрична къса	В _{цк}
Призма къса подвижна	Пр _{кп}	Втулка конусна дълга	В _{кд}
Палец цилиндричен	Пл	Втулка конусна къса	В _{кк}
Палец цилиндричен срязан	Пл _с	Центри твърди или въртящи	Ц _т
Дорник цилиндричен	Д _ц	Центри плаващи	Ц _п

Предложен е подход за автоматизиран избор на рационална схема на установяване по показателите точност и надеждност (фиг. 2.2).

Ако се приложи описаната система за конкретна заготовка, се забелязва, че не всички СБ могат да бъдат използвани за дадена заготовка, което се определя от геометричната несъвместимост на повърхнините на заготовката и БЕ, които я реализират. Затова са необходими изследвания, насочени към съвместен анализ на всички възможни СБ и на различни по конфигурация заготовки.

Проведен е анализ, с помощта на който са дефинирани критериите за геометрична съвместимост, позволяващи да се извърши избор на СБ, удовлетворяваща геометричната форма на заготовката:

1. При една комбинация от форми на базовите повърхнини се реализират най-често следните теоретични СБ: ГР+ДО+О и ГР+Н+О или ДН+О+О и ДН+Н.

2. Наличие върху първата спомагателна УТБ на леярски или шамповъчни наклони, не позволява използването на базиращи опори или опорни пластини, както и на базиращи втулки и дорници (при базиране по цилиндрични повърхнини). В този случай като БЕ се използват скосени къси базиращи призми.

3. Наличието върху втората спомагателна УТБ на леярски или шамповъчни наклони, не позволява използването на базиращи опори или опорни пластини, а също и на базиращи втулки или дорници (при базиране по цилиндрични повърхнини). Използват се скосени къси подвижни базиращи призми.

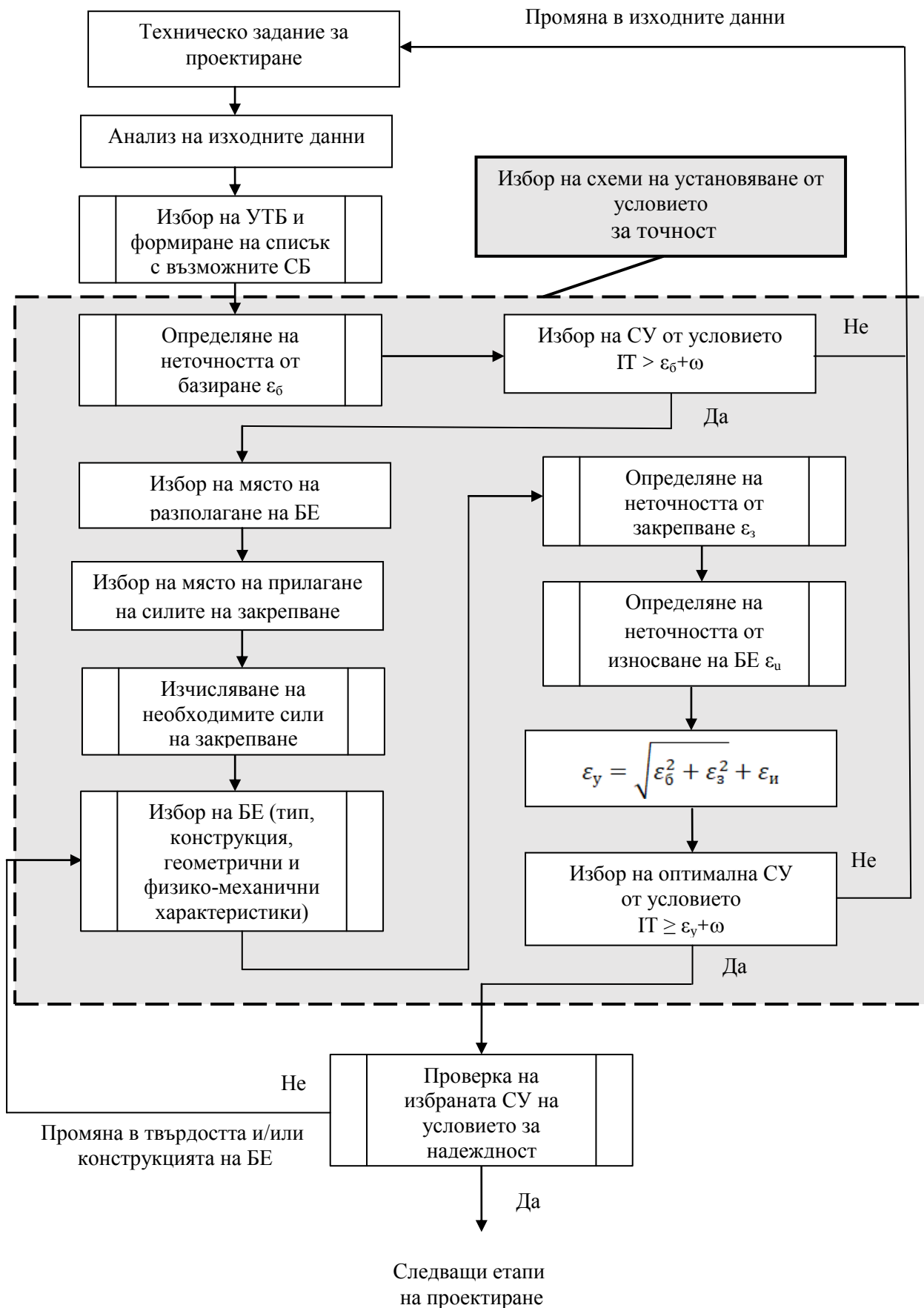
4. Геометричната форма на втората спомагателна УТБ не позволява използването на базиращи опори и опорни пластини. Използват се къси базиращи призми или втулки.

5. Наличието върху повърхнината, използвана за двойно направляваща УТБ (ДН) на изпъкнали елементи (напр. стъпален вал базиран по крайно стъпало) не позволява използване на дълги базирани втулки.

Получените критерии могат да се представят под формата на таблица (табл. 2.5), позволяваща избор на възможните СБ.

Табл.2.4 Възможни схеми за пълно базиране на заготовките

Теоретична схема на базиране	Съчетание от повърхнини (ФБП)	Реализации	Теоретична схема на базиране	Съчетание от повърхнини (ФБП)	Реализации
ГР + Н (ДО) + О	РРР	ООО	ДН + О + О (ДН + Н)	$\Pi_{\text{вн}} \text{РР}$	Пр _д ОО
	РР $\Pi_{\text{вн}}$	ООО		$\Pi_{\text{вн}} \text{Р}\Pi_{\text{вн}}$	В _{цд} ОО
		ООПр _{кп}			Пр _д ОО
	РР $\Pi_{\text{вт}}$	ООПл _с			В _{цд} ОО
	$\text{Р}\Pi_{\text{вн}} \text{Р}$	ООО			Пр _д ОПр _{кп}
		ОПр _{дп} О			В _{цд} ОПр _{кп}
		ОПр _к О		$\Pi_{\text{вн}} \text{Р}\Pi_{\text{вт}}$	Пр _д ОПл _с
		ОВ _{цк} О			В _{цд} ОПл _с
	$\text{Р}\Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вн}}$	ООО		$\Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вн}}$	Пр _д Пр _к
		ОПр _к О			В _{цд} Пр _к
		ОВ _{цк} О			Пр _д О
		ООПр _{кп}		$\Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вт}}$	Пр _д ОПл _с
		ОПр _к Пр _{кп}			В _{цд} Пр _{кп} Пл _с
		ОВ _{цк} Пр _{кп}			Пр _д Пр _{кп} Пл _с
	$\text{Р}\Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вт}}$	ООПл _с			В _{цд} ОПл _с
		ОПр _{дп} Пл _с		$\Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вт}}$	Пр _д Пл
		ОПр _к Пл _с			В _{цд} Пл
		ОВ _{цк} Пл _с		$\Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вт}} \Pi_{\text{вт}}$	Пр _д Пл _с Пл _с
	$\text{Р}\Pi_{\text{вт}} \text{Р}$	ОПлО			В _{цд} Пл _с Пл _с
		ОД _{цс} О		$\Pi_{\text{вт}} \text{РР}$	Д _ц ОО
	$\text{Р}\Pi_{\text{вт}} \Pi_{\text{вн}}$	ОПлО		$\Pi_{\text{вт}} \text{Р}\Pi_{\text{вн}}$	Д _ц ОО
		ОД _{цс} О		ВТРВТ	Д _ц ОПр _{кп}
		ОД _{цс} Пр _{кп}			Д _ц ОПл _с
		ОПлПр _{кп}		$\Pi_{\text{вт}} \Pi_{\text{вн}} \Pi_{\text{вт}}$	Д _ц ОПл _с
	$\text{Р}\Pi_{\text{вт}} \Pi_{\text{вт}}$	ОПлПл _с			Д _ц Пр _{кп} Пл _с
		ОД _{цс} Пл _с		$\Pi_{\text{вт}} \Pi_{\text{вт}}$	Д _ц Пл
		ОЦ _п Пл _с			Д _ц Д _{цс}
ОН + О	$\text{К}_{\text{вн}} \text{Р}$	В _{кд} О	ОЦ+ДО+О	$\text{К}_{\text{вт}} \text{К}_{\text{вт}} \text{Р}$	Ц _т Ц _т О
	$\text{К}_{\text{вн}} \Pi_{\text{вн}}$	В _{кд} Пр _{кп}			Ц _п Ц _п О
	$\text{К}_{\text{вн}} \Pi_{\text{вт}}$	В _{кд} Пл _с		$\text{К}_{\text{вт}} \text{К}_{\text{вт}} \text{Р}$	
	$\text{К}_{\text{вт}} \text{Р}$	ДкО			
	$\text{К}_{\text{вт}} \Pi_{\text{вн}}$	ДкПр _{кп}			
	$\text{К}_{\text{вт}} \Pi_{\text{вт}}$	ДкПл _с			



Фиг. 2.2 Избор на рационална схема на установяване

Табл.2.5 Избор на схема на базиране по критериите за геометрична съвместимост

Съчетание от повърхнини (ФБП)	Реализации	Критерии									
		1						2	3	4	5
		ГР+ Н+О	ГР+ ДО+ О	ДН+ О+О	ДН+ Н	ОН+ О	ОЦ+ ДО+ О				
РРР	ООО	*									
РРЦ _{вн}	ООО	*									
	ООПр _{кп}	*								*	
РРЦ _{вт}	ООПл _с	*									
РЦ _{вн} Р	ООО	*	*								
	ОПр _{дп} О		*					*			
	ОПр _к О		*					*			
	ОВ _{цк} О		*								
РЦ _{вн} Ц _{вн}	ООО	*	*								
	ОПр _к О		*					*			
	ОВ _{цк} О		*								
	ООПр _{кп}	*	*						*		
	ОПр _к Пр _{кп}		*					*	*		
	ОВ _{цк} Пр _{кп}		*						*		
РЦ _{вн} Ц _{вт}	ООПл _с	*	*								
	ОПр _{дп} Пл _с		*					*			
	ОПр _к Пл _с		*					*			
	ОВ _{цк} Пл _с		*								
РЦ _{вт} Р	ОПЛО		*								
	ОД _{цс} О	*									
РЦ _{вт} Ц _{вн}	ОПЛО		*								
	ОД _{цс} О	*									
	ОД _{цс} Пр _{кп}	*								*	
	ОПлПр _{кп}		*						*	*	
РЦ _{вт} Ц _{вт}	ОПлПл _с		*								
	ОД _{цс} Пл _с	*									
	ОЦ _п Пл _с		*								
Ц _{вн} РР	Пр _д ОО			*							*
	В _{цд} ОО			*							
Ц _{вн} РЦ _{вн}	Пр _д ОО			*							*
	В _{цд} ОО			*							
	Пр _д ОПр _{кп}			*					*	*	*
	В _{цд} ОПр _{кп}			*					*	*	
Ц _{вн} РЦ _{вт}	Пр _д ОПл _с			*							*
	В _{цд} ОПл _с			*							

Табл.2.5 Избор на схема на базиране по критериите за геометрична съвместимост (продължение)

Съчетание от повърхнини (ФБП)	Реализации	Критерий									
		1						2	3	4	5
		ГР+ Н+О	ГР+ ДО+ О	ДН+ О+О	ДН+ Н	ОН+ О	ОЦ+ ДО+ О				
$\Pi_{\text{вн}}\Pi_{\text{вн}}$	$\text{Пр}_\text{д}\text{Пр}_\text{к}$				*						*
	$\text{В}_{\text{цд}}\text{Пр}_\text{к}$				*						
	$\text{Пр}_\text{д}\text{О}$				*						*
$\Pi_{\text{вн}}\Pi_{\text{вн}}\Pi_{\text{вт}}$	$\text{Пр}_\text{д}\text{ОПл}_\text{с}$			*							*
	$\text{В}_{\text{цд}}\text{Пр}_{\text{кп}}\text{Пл}_\text{с}$			*							
	$\text{Пр}_\text{д}\text{Пр}_{\text{кп}}\text{Пл}_\text{с}$			*							*
	$\text{В}_{\text{цд}}\text{ОПл}_\text{с}$			*							
$\Pi_{\text{вн}}\Pi_{\text{вт}}$	$\text{Пр}_\text{д}\text{Пл}$				*						*
	$\text{В}_{\text{цд}}\text{Пл}$				*						
$\Pi_{\text{вн}}\Pi_{\text{вт}}\Pi_{\text{вт}}$	$\text{Пр}_\text{д}\text{Пл}_\text{с}\text{Пл}_\text{с}$			*							*
	$\text{В}_{\text{цд}}\text{Пл}_\text{с}\text{Пл}_\text{с}$			*							
$\Pi_{\text{вт}}\text{РР}$	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{ОО}$			*							
$\Pi_{\text{вт}}\text{Р}\Pi_{\text{вн}}$	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{ОО}$			*							
	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{ОПр}_{\text{кп}}$			*					*		
$\text{В}_\text{т}\text{РВ}_\text{т}$	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{ОПл}_\text{с}$			*							
$\Pi_{\text{вт}}\Pi_{\text{вн}}\Pi_{\text{вт}}$	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{ОПл}_\text{с}$			*							
	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{Пр}_{\text{кп}}\text{Пл}_\text{с}$			*							
$\Pi_{\text{вт}}\Pi_{\text{вт}}$	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{Пл}$				*						
	$\text{Д}_{\text{ц}}\text{Д}_{\text{цс}}$				*						
$\text{К}_{\text{вн}}\text{Р}$	$\text{В}_{\text{кд}}\text{О}$					*					
$\text{К}_{\text{вн}}\Pi_{\text{вн}}$	$\text{В}_{\text{кд}}\text{Пр}_{\text{кп}}$					*					
$\text{К}_{\text{вн}}\Pi_{\text{вт}}$	$\text{В}_{\text{кд}}\text{Пл}_\text{с}$					*					
$\text{К}_{\text{вт}}\text{Р}$	ДкО					*					
$\text{К}_{\text{вт}}\Pi_{\text{вн}}$	$\text{ДкПр}_{\text{кп}}$					*					
$\text{К}_{\text{вт}}\Pi_{\text{вт}}$	$\text{ДкПл}_\text{с}$					*					
$\text{К}_{\text{вт}}\text{К}_{\text{вт}}\text{Р}$	$\Pi_{\text{т}}\Pi_{\text{т}}\text{О}$						*				
	$\Pi_{\text{п}}\Pi_{\text{п}}\text{О}$						*				

Извършен е анализ на конструкциите БЕ в специалните приспособления (табл. 2.7), въз основа на който са определени критериите за техния избор:

1. Теоретична схема на базиране;
2. Форма на повърхнината, използвана за УТБ;
3. Наличие на издатини или стъпала, с размер по-голям от 60 mm, по повърхнината, използвана за УТБ;
4. Качество на повърхнината, използвана за УТБ;
5. Ориентация на БЕ (отдолу, отстрани, отгоре);
6. Възможност за съвместяване с друг БЕ;
7. Ремонтпригодност.

Значенията на критериите са дадени на табл.2.6.

Табл. 2.7 Твърдотелни модели на базиращи елементи

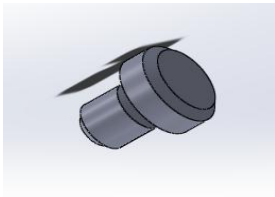
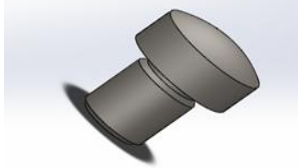
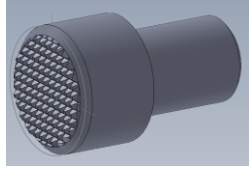
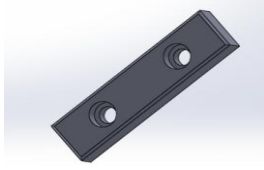
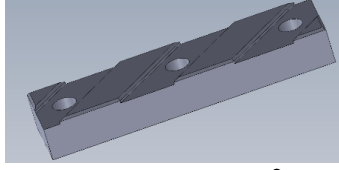
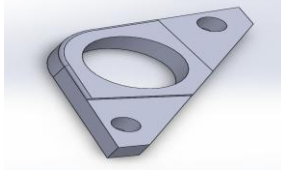
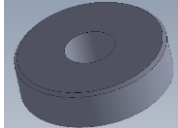
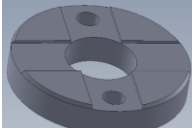
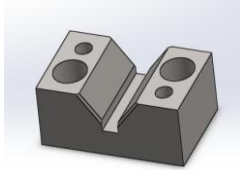
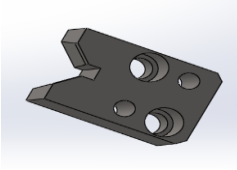
Базиращи елементи за установяване по равнинни повърхнини		
		
опора цилиндрична с плоска глава	опора цилиндрична със сферична глава, тип1	опора цилиндрична със сферична глава, тип 2
		
Опора дълга цилиндрична със сферична глава,тип 3	Опора дълга цилиндрична със сферична глава, тип 4	опора цилиндрична с нарязбена глава
		
опора плоска тип1	опора плоска тип 2	опора плоска тип3
		
опорна шайба тип1	опорна шайба тип 2	
Базиращи елементи за установяване по външни цилиндрични повърхнини		
		
призма дълга тип 1	призма дълга тип 2	

Табл. 2.7 Твърдостелни модели на базиращи елементи (продължение)

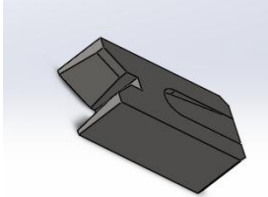
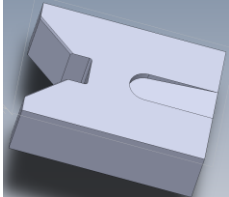
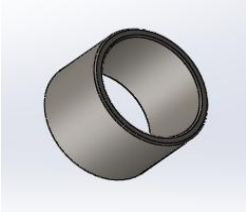
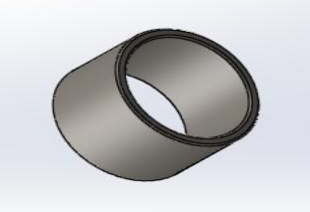
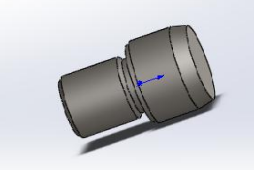
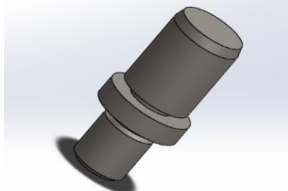
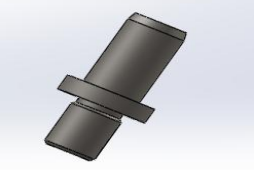
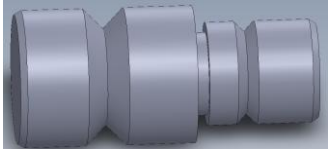
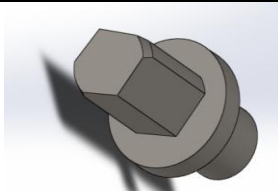
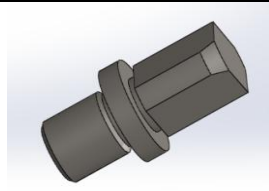
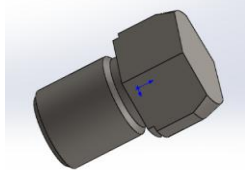
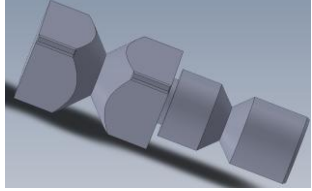
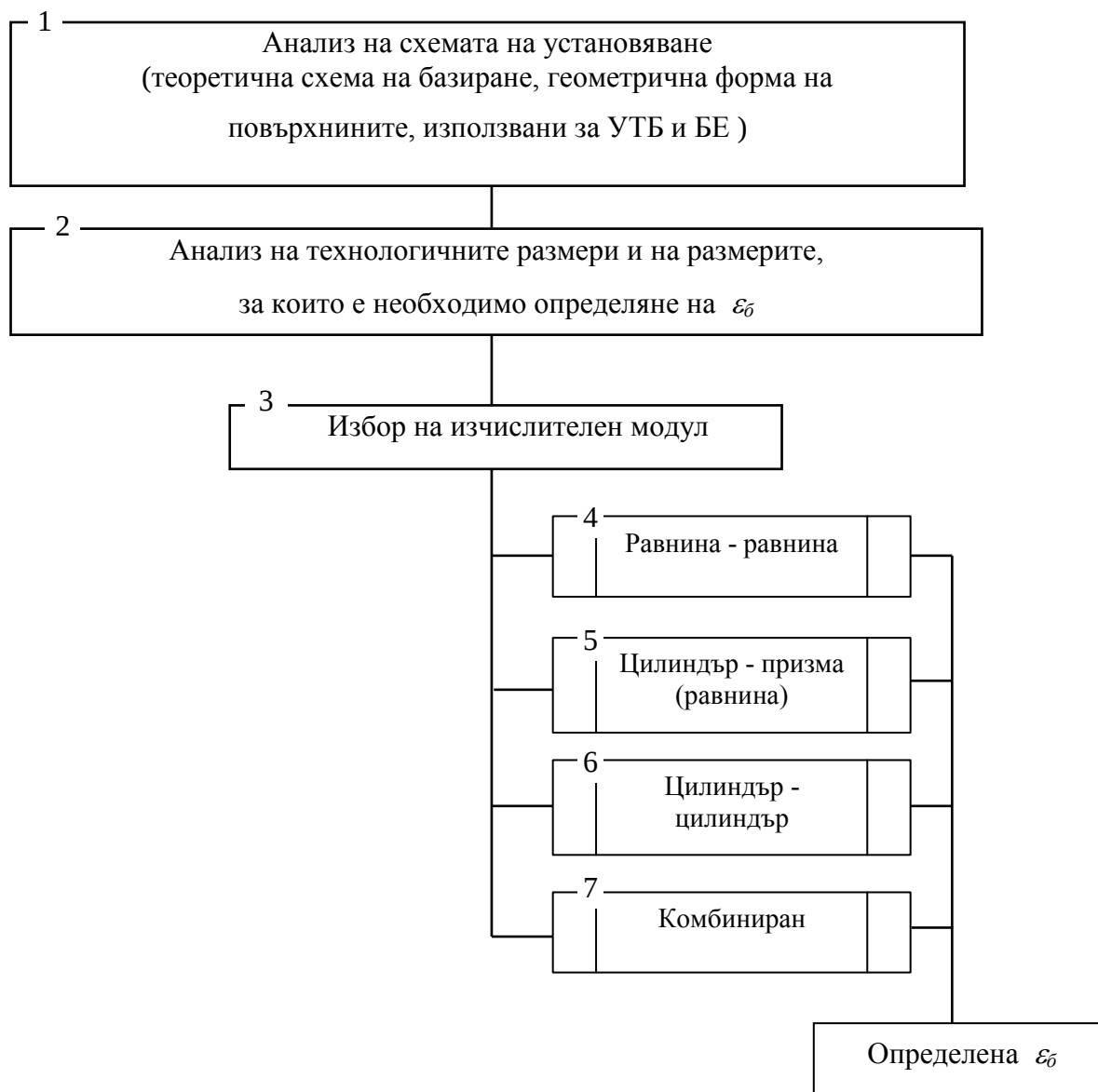
Базиращи елементи за установяване по външни цилиндрични повърхнини	
 призма къса тип 1	 призма къса тип 2
 втулка цилиндрична къса	 втулка цилиндрична дълга
Базиращи елементи за установяване по вътрешни цилиндрични повърхнини	
 палец цилиндричен тип 1	 палец цилиндричен тип 2
 палец цилиндричен тип 3	 палец цилиндричен тип 4
 палец срязан тип 1	 палец срязан тип 2
 палец срязан тип 3	 палец срязан тип 4

Табл. 2.6 Критерии за избор на базиращи елементи

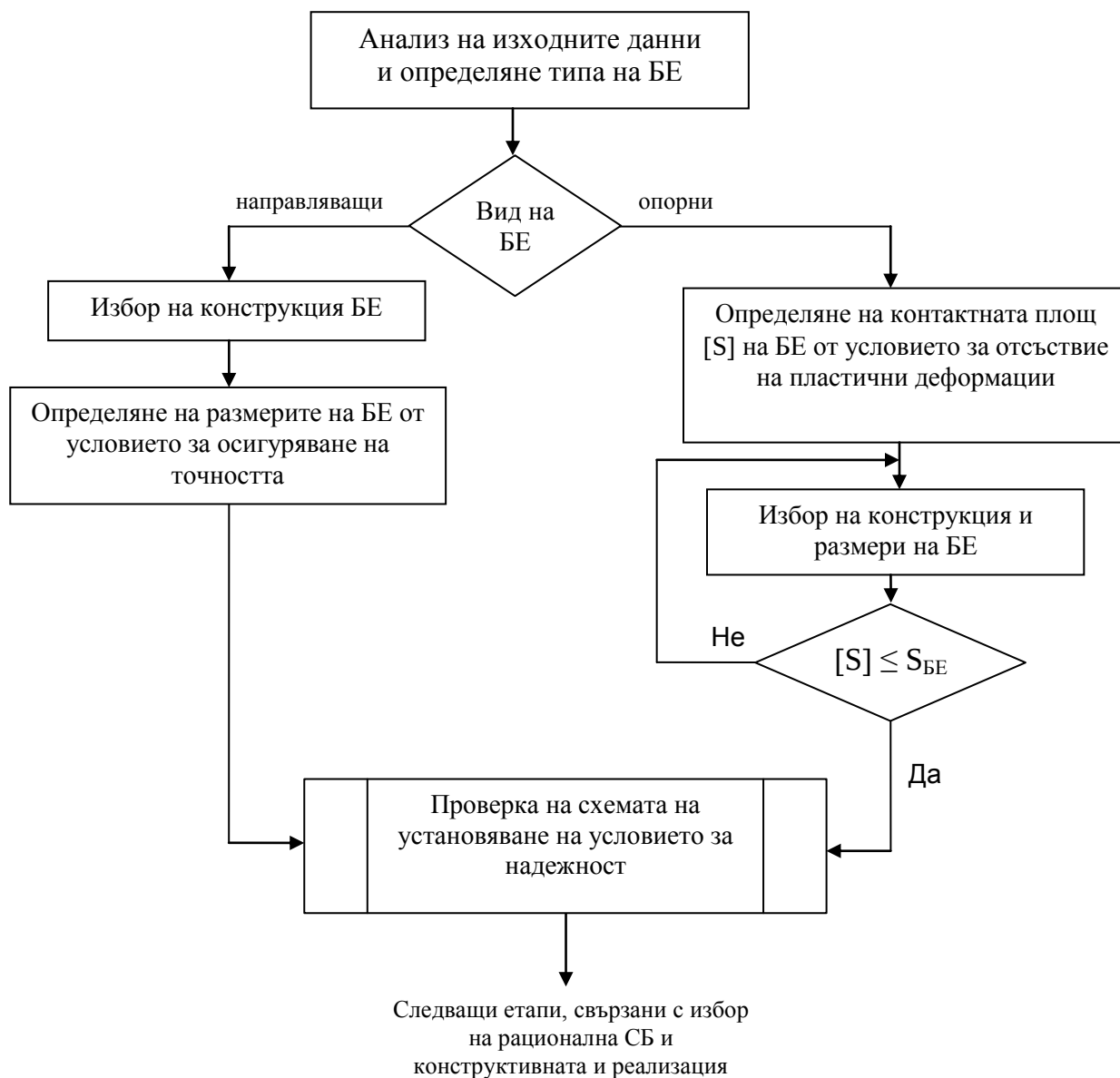
Базиращ елемент	Тип	Критерий 1					Критерий 2			Критерий 3		Критерий 4			Критерий 5		Критерий 6		Критерий 7	
		О	ДО	Н	ДН	ГР	Р	Ц _{вн}	Ц _{вт}	1	2	Чиста	Груба	С наклон	От- долу	Стра- нично	да	не	да	не
опора цилиндрич- на плоска глава	-	*	*	*		*	*	*		*		*			*	*		*		*
опора цилиндрич- на със сферична глава	1	*	*	*		*	*			*			*		*	*		*		*
	2	*	*	*		*	*			*			*		*	*		*		*
	3										*									
	4										*									
опора цилиндр. с назъбена глава	—	*	*	*		*	*			*			*		*	*		*		*
опора плоска (пластина)	1	*		*		*	*			*		*				*		*		*
	2					*	*			*		*			*			*		*
	3					*	*			*		*				*	*			*
опорна шайба	1	*				*	*			*		*			*	*		*	*	
	2	*				*	*			*		*			*	*	*			*
призма дълга	1				*			*				*			*			*		*
	2				*			*				*			*			*		*
призма къса	1			*				*					*	*	*	*		*		*
	2			*				*				*			*	*		*		*
палец цилиндри- чен	1		*						*			*			*	*		*		*
	2		*						*			*			*	*		*		*
	3		*						*			*			*	*		*		*
	4		*						*			*			*	*	*			*
палец срян	1	*							*			*			*	*		*		*
	2	*							*			*			*	*		*		*
	3	*							*			*			*	*	*			*
	4	*							*			*			*	*	*			*

За избор на СУ по критерия точност на обработването са разработени алгоритми за определяне на неточностите от базиране ε_b , използвайки зависимости получени чрез анализ на възможните видове съчетания на базовите повърхнини на заготовките и работните повърхнини на базащите елементи. Разгледани са три вида съчетания, които определят модулите (фиг. 2.3): „равнина-равнина”, „цилиндър-призма”, „цилиндър-цилиндър”. В повечето случаи върху точността на технологичния размер влияят едновременно две бази, затова се въвежда и допълнителен „комбиниран” модул. Неточността от базиране в комбинирания модул, се определя за два размерни типа – линейни и ъглови.



Фиг. 2.3 Избор на изчислителен модул за определяне на неточността от базиране

Разработен е алгоритъм и са предложени зависимости за определяне на размерите на базащите елементи в зависимост от схемата на базиране, като БЕ са разделени на два вида – *направляващи* и *опорни* (фиг. 2.11).



Фиг. 2.11 Блок – схема за определяне на размерите на БЕ

При проектирането на приспособленията, една от задачите, която трябва да се реши е осигуряване на работоспособността им за определен период от време до планирания ремонт. За тази цел е необходимо да се търсят оптимални решения, отнасящи се до избора на материал, метод на уякчаваща обработка и конструкция на БЕ (напр. бързосменни БЕ). Изборът на схема на установяване в този случай се извършва от условието за *надеждност*.

Изборът на материал, метод за уякчаваща обработка или конструкция на БЕ може да се извърши в реда:

1. Определя се допустимото износване на всеки БЕ от условието за осигуряване на точността (1), след което се проверява условието за надеждност (3).

2. Ако условието за надеждност не е изпълнено, се избира по-ефективен метод за уякчаване на БЕ, след което се извършва якостна проверка, изхождайки от физико-механичните характеристики. Ако якостната проверка е изпълнена, се извършва повторна проверка на надеждност. Ако условието за якост не е изпълнено, не е възможно използване на избрания БЕ и е необходимо да се приеме: промяна в конструкцията на БЕ или избор на методи за повишаване износоустойчивостта на БЕ; промяна в теоретичната схема на базиране.

3. Ако условието за надеждност е изпълнено, то разглежданата СУ се приема и се преминава към следващите етапи за проектиране на приспособлението.

При няколко СУ, отговарящи на условията за точност и надеждност, е необходимо да се извърши допълнителен избор по критерият за минимални разходи за конструиране и изработване на приспособлението $P_{\min}$.

ГЛАВА ТРЕТА

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ИЗБОРА НА ОПТИМАЛНА СХЕМА ЗА УСТАНОВЯВАНЕ НА ЗАГОТОВКАТА С ПОМОЩТА НА CAD СИСТЕМИ

Като основен подход за решаване на задачата за автоматизация на избора на оптимална схема на установяване и нейната конструктивна реализация е приет системният подход, позволяващ да се разбие цялата задача по оптимизацията на отделни етапи, да се открият връзките между тях и критериите за оптимално търсене (фиг. 3.1). За решаване на задачата за автоматизиране на проектирането на оптимална СУ е приложен обектно ориентираният подход.

На базата на методиката, разработена във втора глава и на гореизложеното, е разработена обща схема за автоматизация на проектирането на оптимална СУ с помощта на CAD система от „среден“ клас (фиг. 3.2).

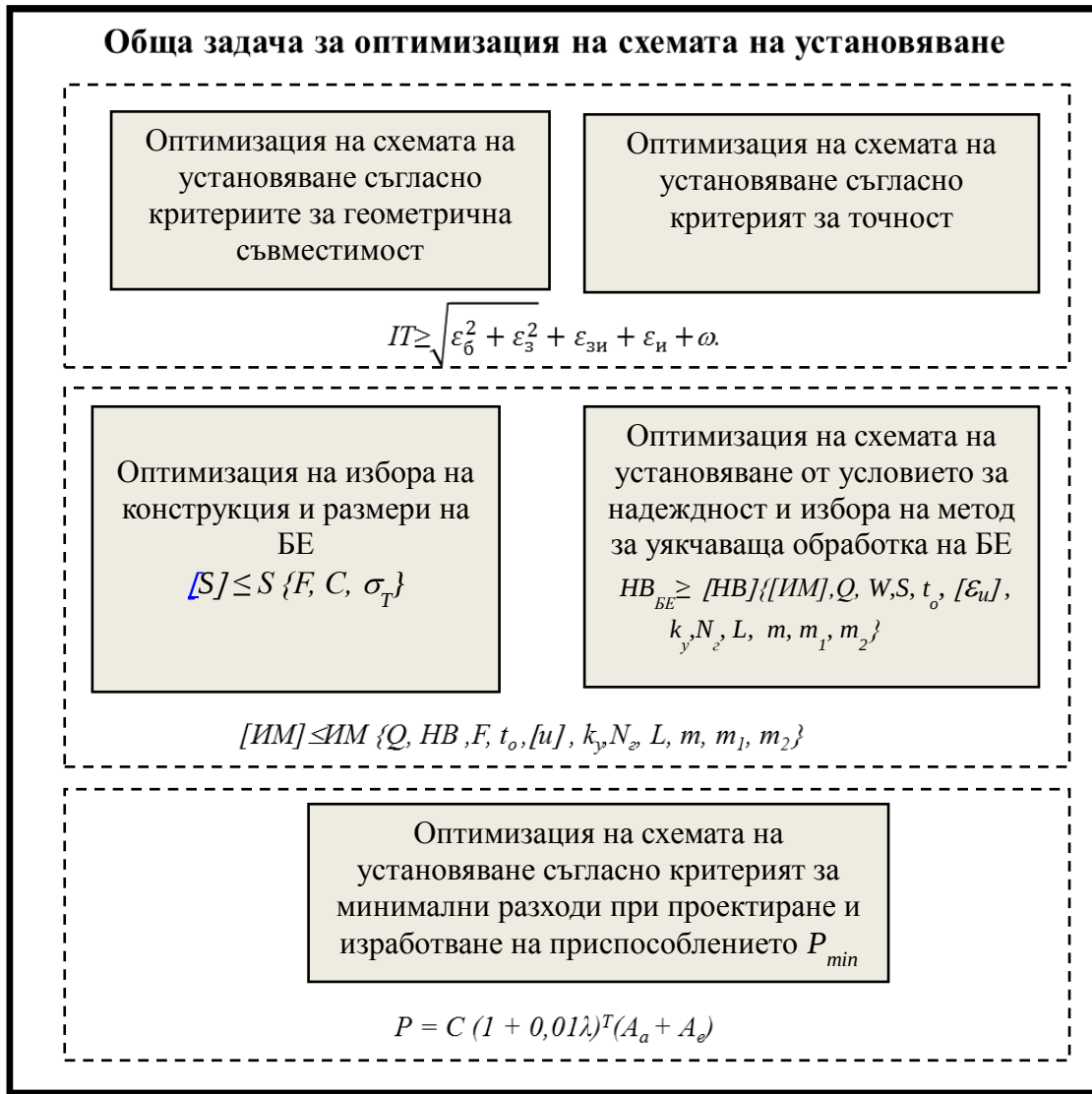
Разработен е алгоритъм за автоматизирано проектиране на оптимална схема на установяване, съгласно който оптимизацията на дадената схема се осъществява чрез модули за избор на СУ по критериите за точност, надеждност и себестойност. При това тези модули изпълняват функцията на вземане на решение за по-нататъшния ход на проектирането според резултатите от проверката. Останалите модули, които са около тях, са предназначени за определяне на стойностите на параметрите на СУ, необходими за анализирането ѝ според критериите.

Посредством съвместен анализ на теоретичната СУ и геометричната форма на заготовката се извършва автоматично търсене на възможните СУ и пресмятане на неточността от базирането за всяка СУ и за всеки технологичен размер.

Основният алгоритъм за формирането на списък от схеми за установяване и определяне на неточността от базиране е показан на фиг. 3.4.

Изборът на БЕ включва два етапа (фиг. 3.8): избор на конструкцията и определяне на размерите на БЕ (от условието за отсъствие на пластична деформация в областта на контакт между БЕ и заготовката).

Изборът на конструкцията на БЕ се извършва по схема, показана на фиг. 3.5, систематизираща конструкцията на БЕ по критериите разгледани в глава втора.



Фиг. 3.1. Композиция на задачата за оптимизация

Определяне на фактическата контактната площ на опорните БЕ се извършва с помощта на зависимости и по блок-схемата показна на фиг. 3.7.

В табл. 3.4 са дадени типове интегрирани модели на БЕ $M_{инт.БЕ}$ и тяхното предназначение в системата на проектиране.

Твърдотелните модели (Т_ТМ) на БЕ се представят от множество на елементарни примитиви

$$K_{BE}^n = \{V_{prof}\}, n=1 \dots N, \quad (3.2)$$

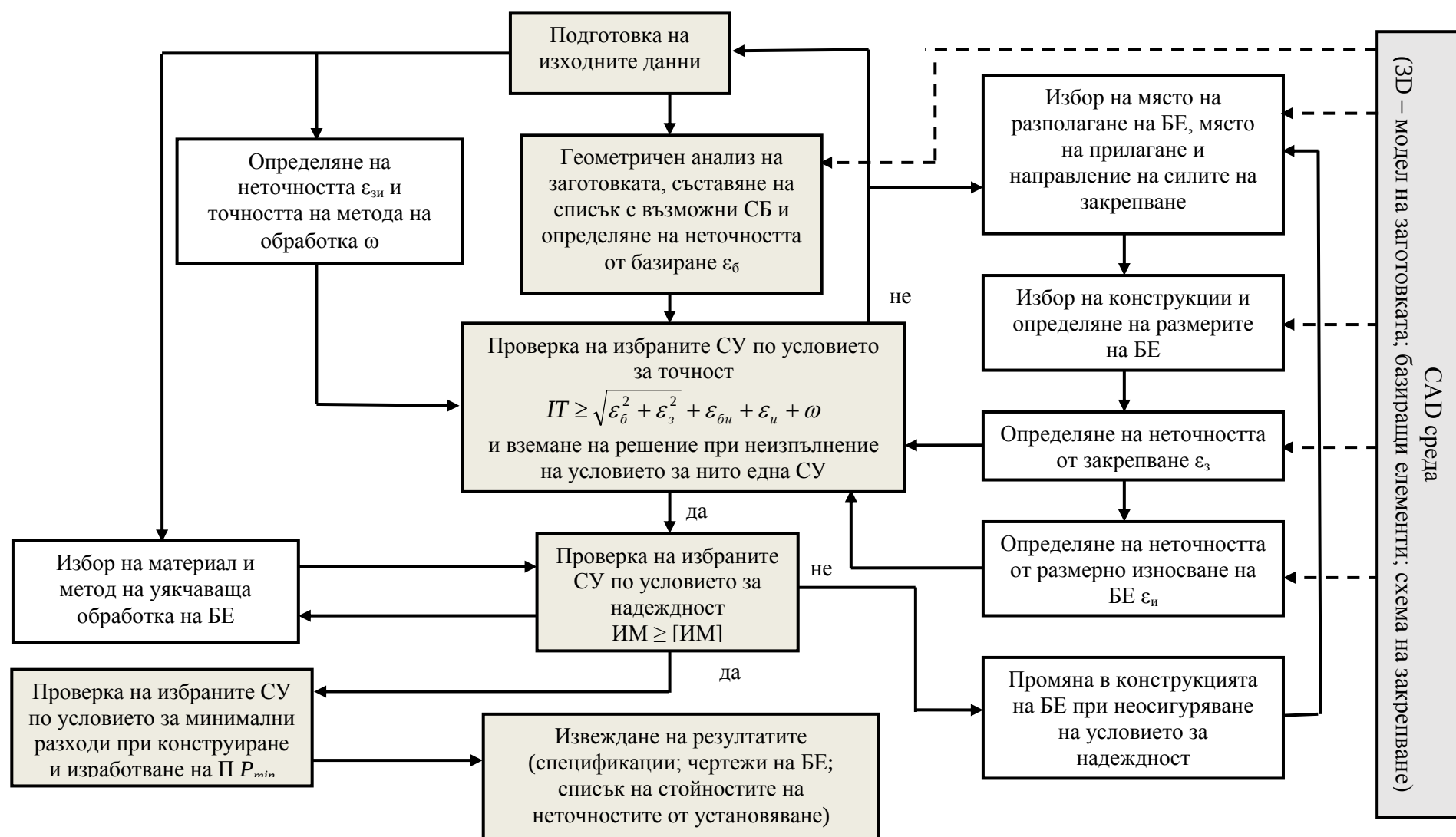
всеки от които се състои от m образуващи повърхнини S_{cros} и j направляващи повърхнини S_{ext} .

$$V_{prof_i}^{ml} = (\{S_{cros}\}, m=1 \dots M) \cup (\{S_{ext}\}, l=1 \dots L) \quad (3.3)$$

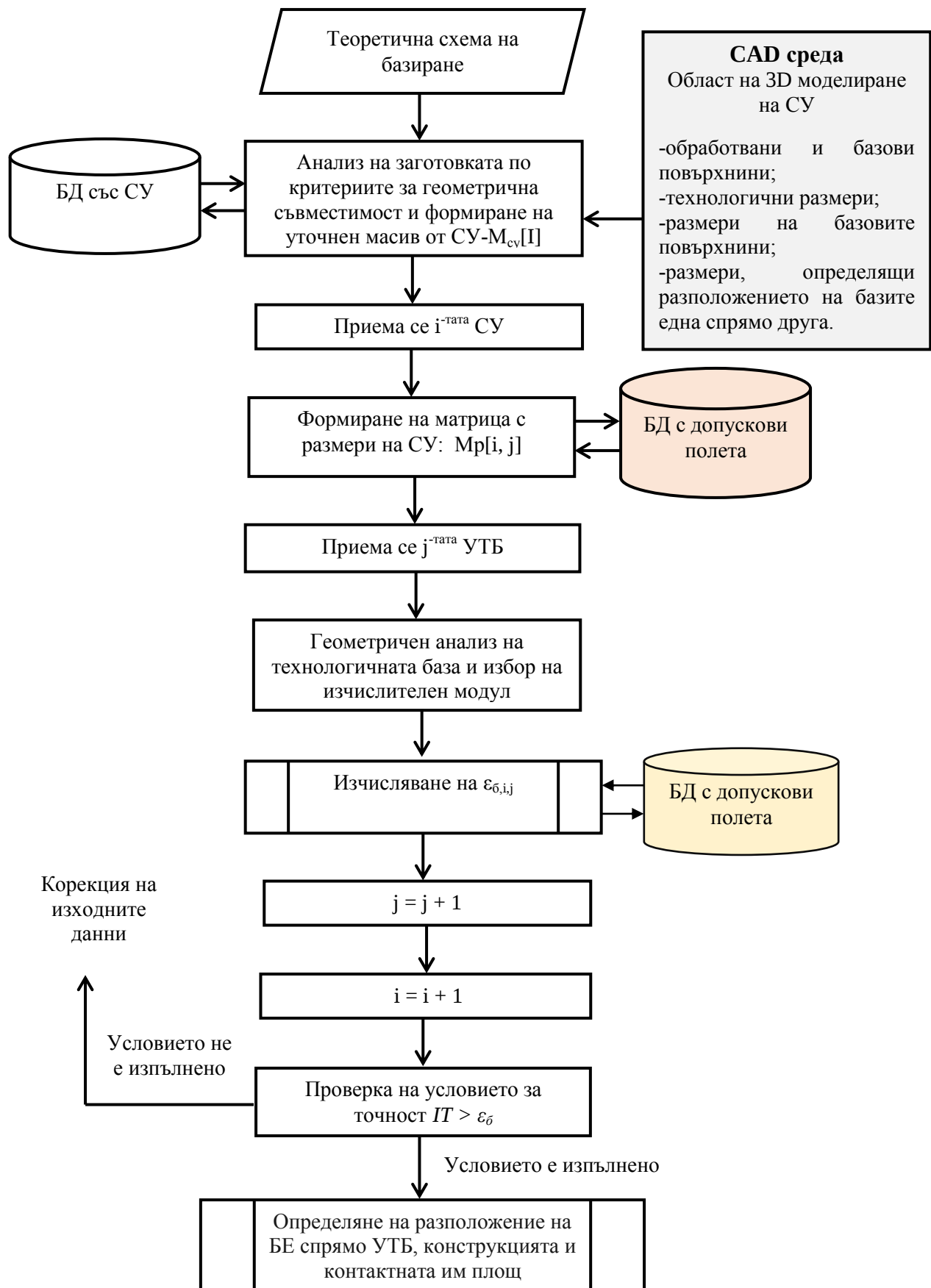
$$S_{cros}^i = \{S_{ent}\}, i = 1 \dots I, \quad (3.4)$$

$$S_{ext}^j = \{S_{ent}\}, j=1 \dots J, \quad (3.5)$$

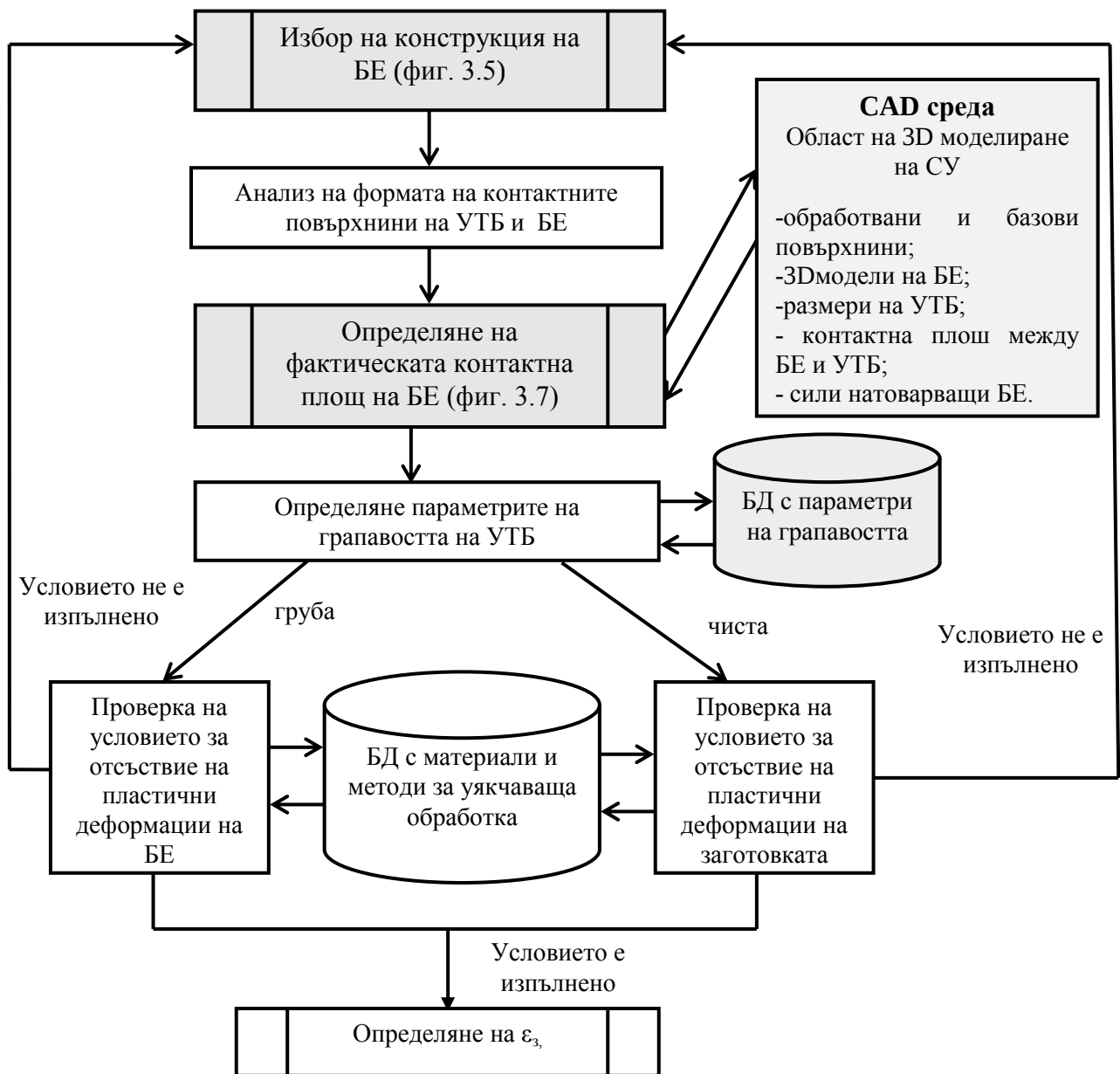
където i е брой образуващи профили с размерност I ; j - брой направляващи профили с размерност J .



Фиг. 3.2. Схема на автоматизирано проектиране на оптимална схема на установяване



Фиг. 3.4. Схема на формиране на СУ и пресмятане на неточността от базиране



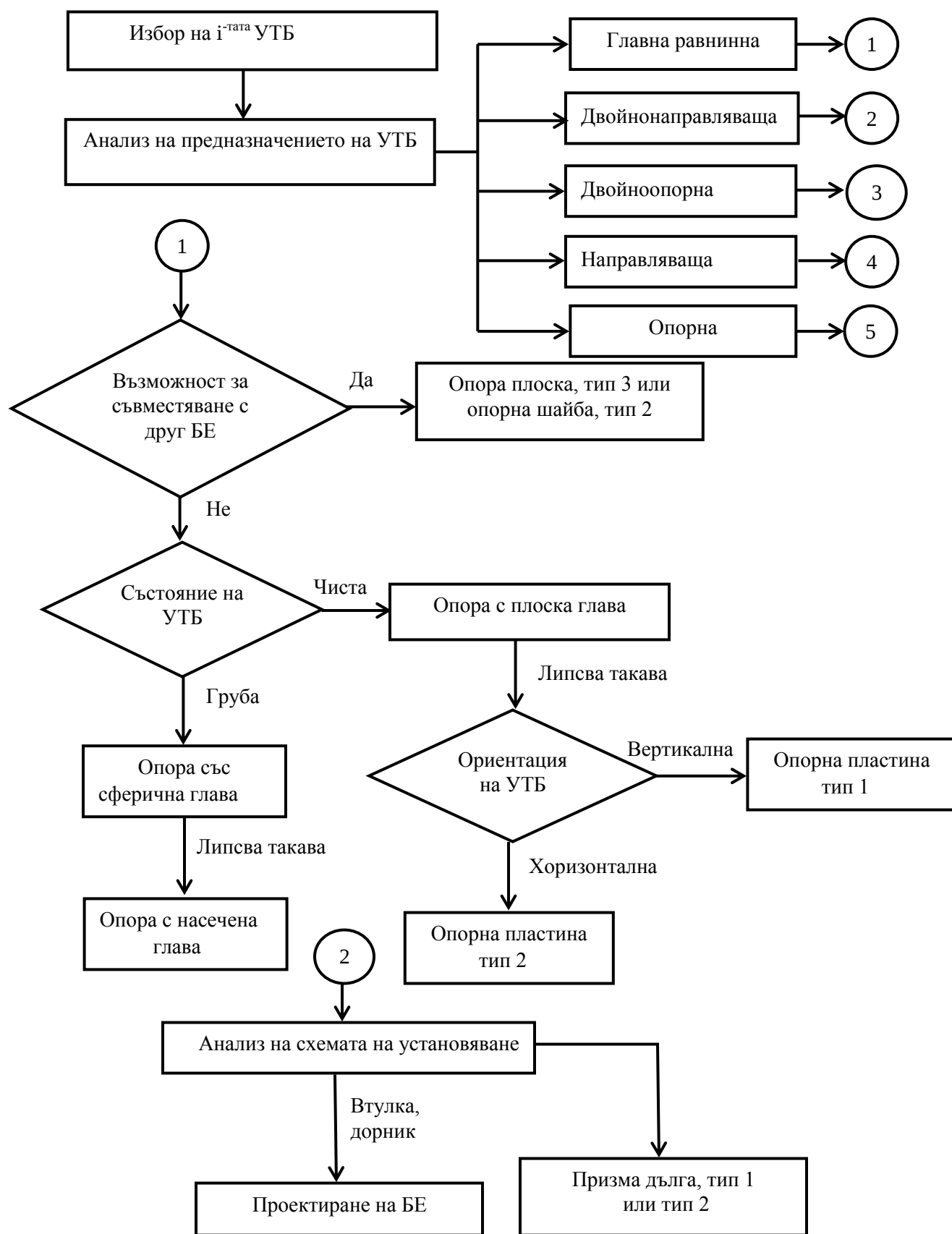
Фиг. 3.8. Схема за избор на базиращи елементи

Всеки профил, притежава конструкторски атрибути, които се явяват подмножества на БД на БЕ $A_{ent.mab}$, ако такава съществува

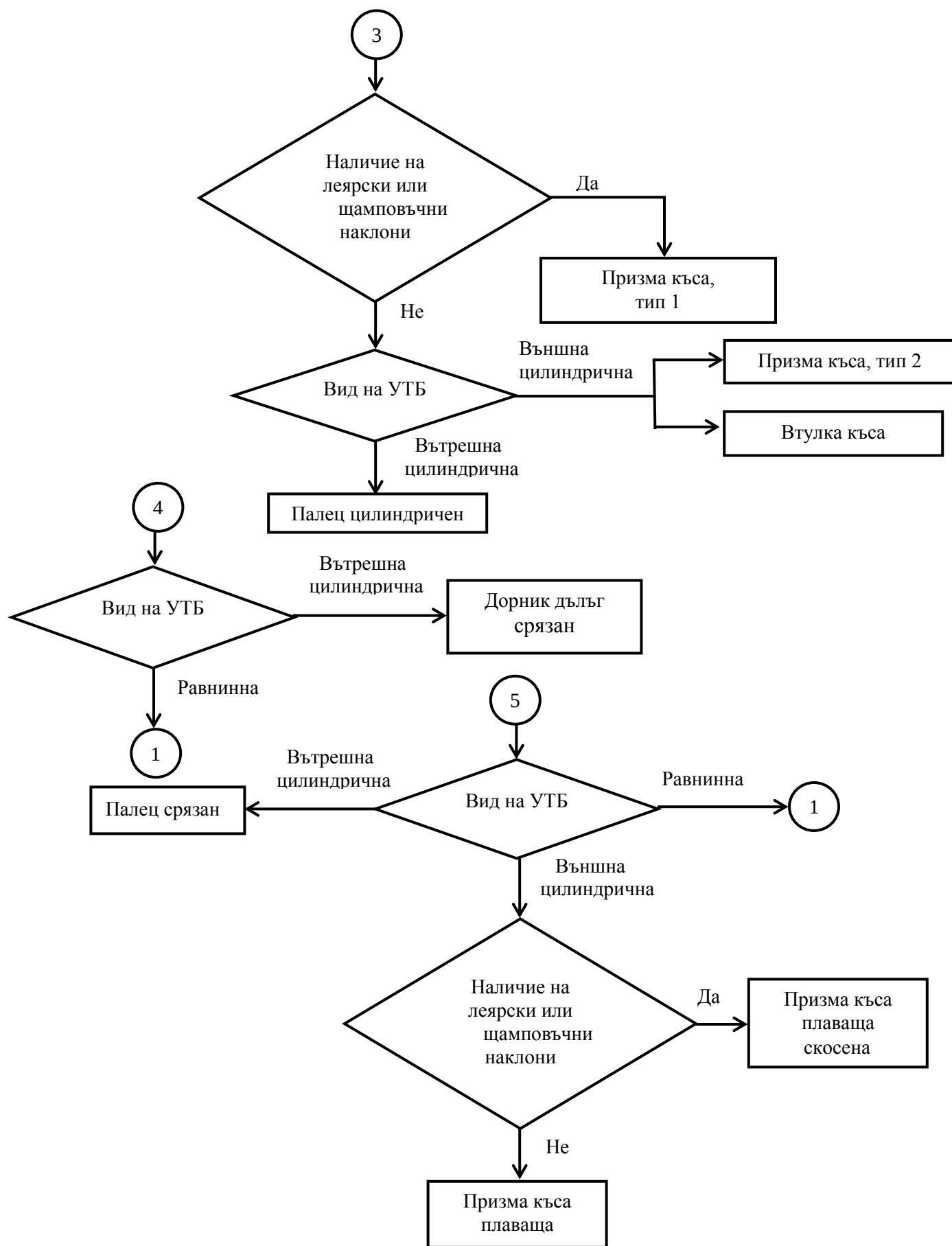
$$A_{ent}^k = \{A_{ent}\}, k=1 \dots K, \quad (3.6)$$

където k е брой атрибути, характеризиращи повърхнините.

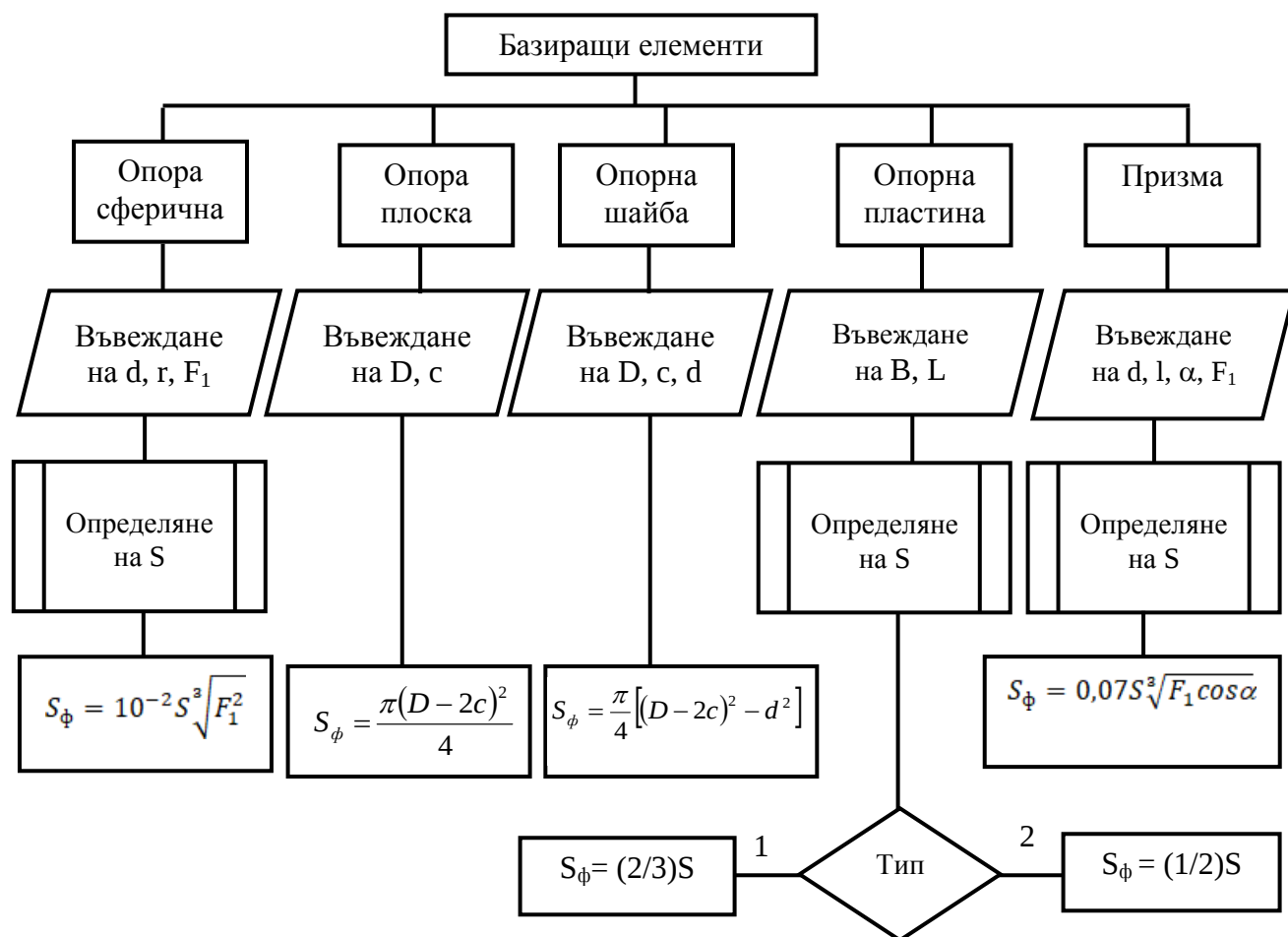
Между геометричните и атрибутови БД на БЕ, има връзка между полетата на таблиците на параметрите на геометрията и атрибутите им. Параметризацията протича до съвпадане имената на параметрите (фиг. 3.9). Зависимите параметри влизат в БД на атрибутите само като изчислителни параметри в полето на технически изисквания на чертежа. Компановъчните модели на БЕ на приспособленията, могат да се съхраняват в БД във вид на дърво, построено от отделни конструктивни елементи (профили), а така също и като завършен геометричен обект.



Фиг. 3.5. Избор на конструкция базирани елементи



Фиг. 3.5. Избор на конструкция базирани елементи (продължение)



Фиг. 3.7. Схема за определяне на контактната площ на опорните базиращите елементи

Определянето на неточността от закрепване ϵ_3 , се извършва от таблици в зависимост от вида и състоянието на УТБ, вида на БЕ, схемата на закрепване и размерите на заготовката или с помощта на експериментално изведени зависимости за контактните деформации в контакта „заготовка – БЕ“.

Блок-схема за определяне на неточността от закрепване е показана на фиг. 3.10.

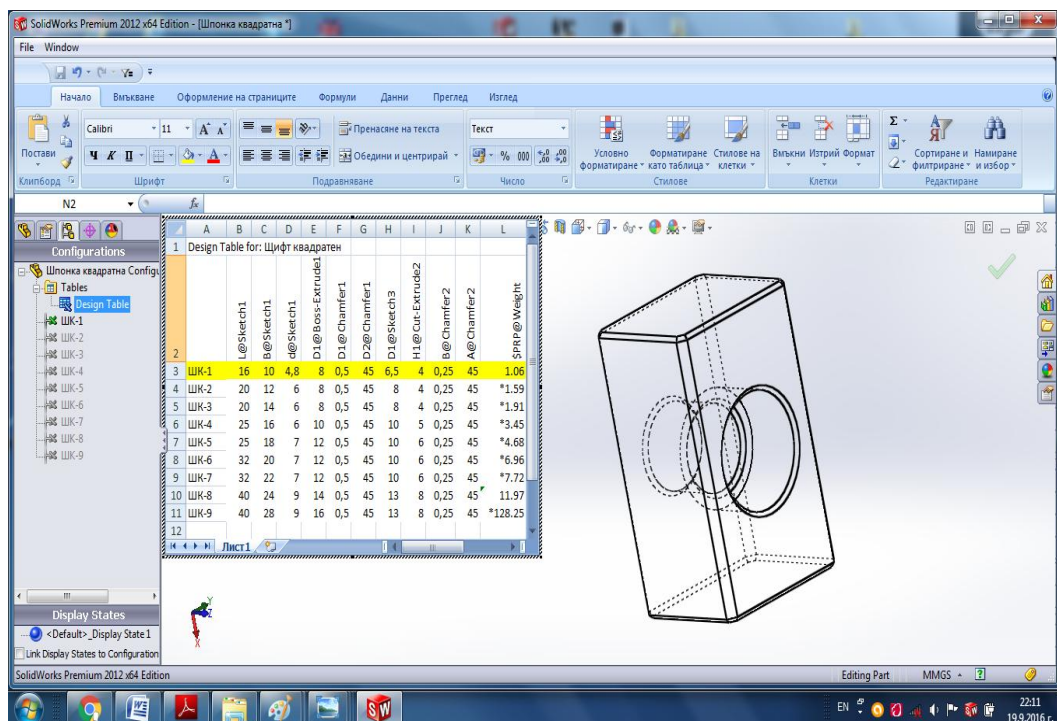
Определянето на размерното износване на БЕ $\epsilon_{и}$, се извършва аналогично на неточността от закрепване с помощта на зависимости по схемата показана на фиг. 3.11

По получените данни за натоварването, условията на натоварване, геометричните и якостни характеристики на БЕ, площта на контакт със заготовката и задания от конструктора допустим междуремонтен интервал [ИМ] се прави проверка на надеждността при определен междуремонтен интервал ИМ по зависимостта:

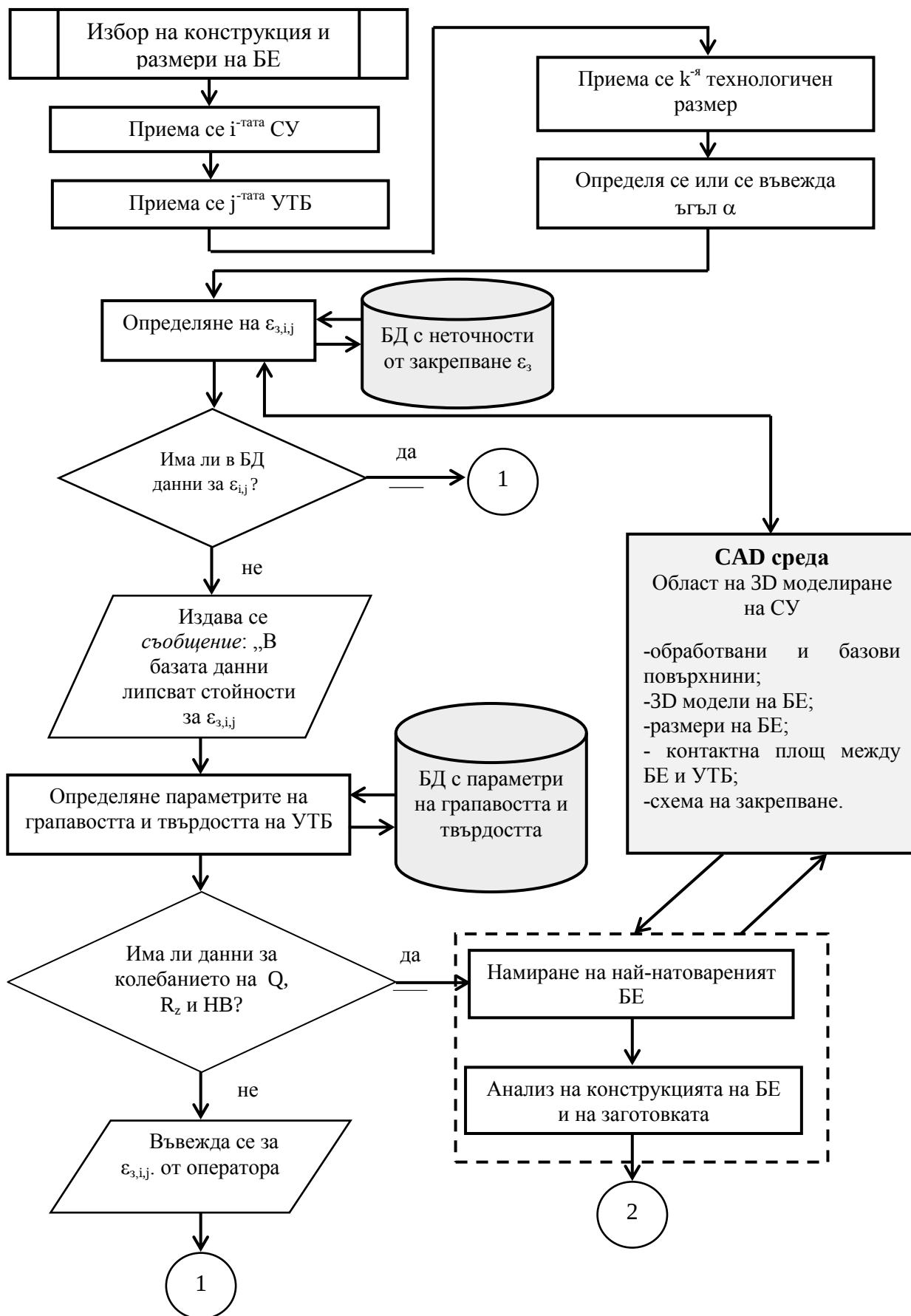
$$ИМ = \frac{1,2[\epsilon_{и}] \left(m - m_1 W - m_2 \frac{0,1Q}{S \cdot HV} \right)}{N \cdot k_y (1 + 0,003L) 0,79t_0} \geq [ИМ], \quad (3.14)$$

Табл. 3.4 Типове интегрирани модели на БЕ на приспособленията

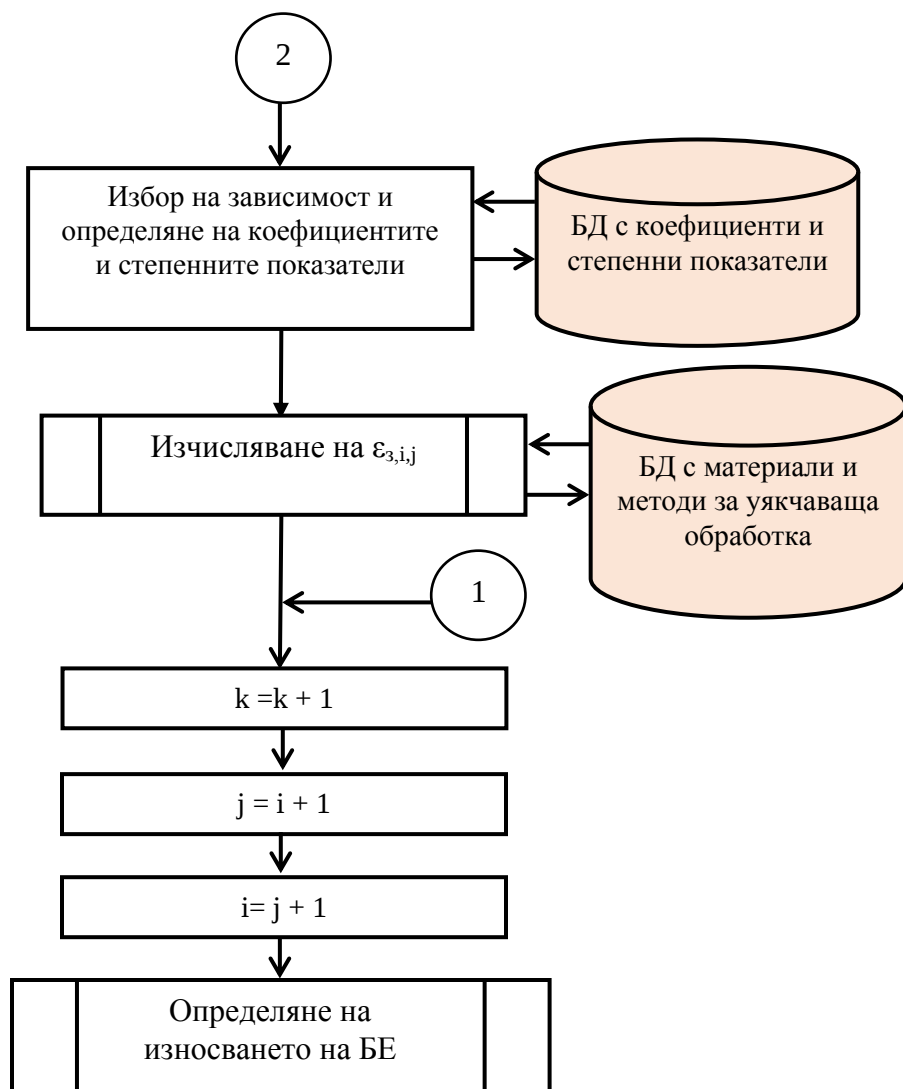
Модели на детайлите $M_{\text{инт,БЕ}}$	Обозначение	Вид БД	Проектни процедури
Пространство на синтеза на конструкцията			
Твърдотелни компановъчни модели	$K_{\text{БЕ}}$	Библиотека $T_{\text{ТМ}}$	Построяване и параметризация $T_{\text{ТМ}}$ Формиране на БД на атрибутите на БЕ
Среда на проектните изчисления			
Общо описание	$A_{\text{БЕ. tab}}$	БД на атрибутите на БЕ	Търсене на БЕ Формиране атрибутите на $T_{\text{ТМ}}$ и на чертежите
Размерни параметри	$A_{\text{ent. tab}}$	БД с размерни параметри	Избор на размерни параметри Изчисляване на размерни параметри
Търсене на параметри	$Z_{\text{БЕ}}$	БЗ на ЕС	Избор на параметри
Среда на формиране на проектните документи			
Работни чертежи	$L_{\text{БЕ}}$	Библиотека с работни чертежи	Обновление по вида на $T_{\text{ТМ}}$ Формиране на атрибутите на чертежа по БД с атрибутите на БЕ
Чертежи на група БЕ	$L_{\text{БЕ. gr}}$	Библиотека с групови чертежи	Избор на размерни параметри от БД Генериране на чертежи



Фиг 3.9 Параметризация на размерите на БЕ и атрибути на размерите за различни конфигурации на БЕ



Фиг. 3.10. Определяне на неточността от закрепване



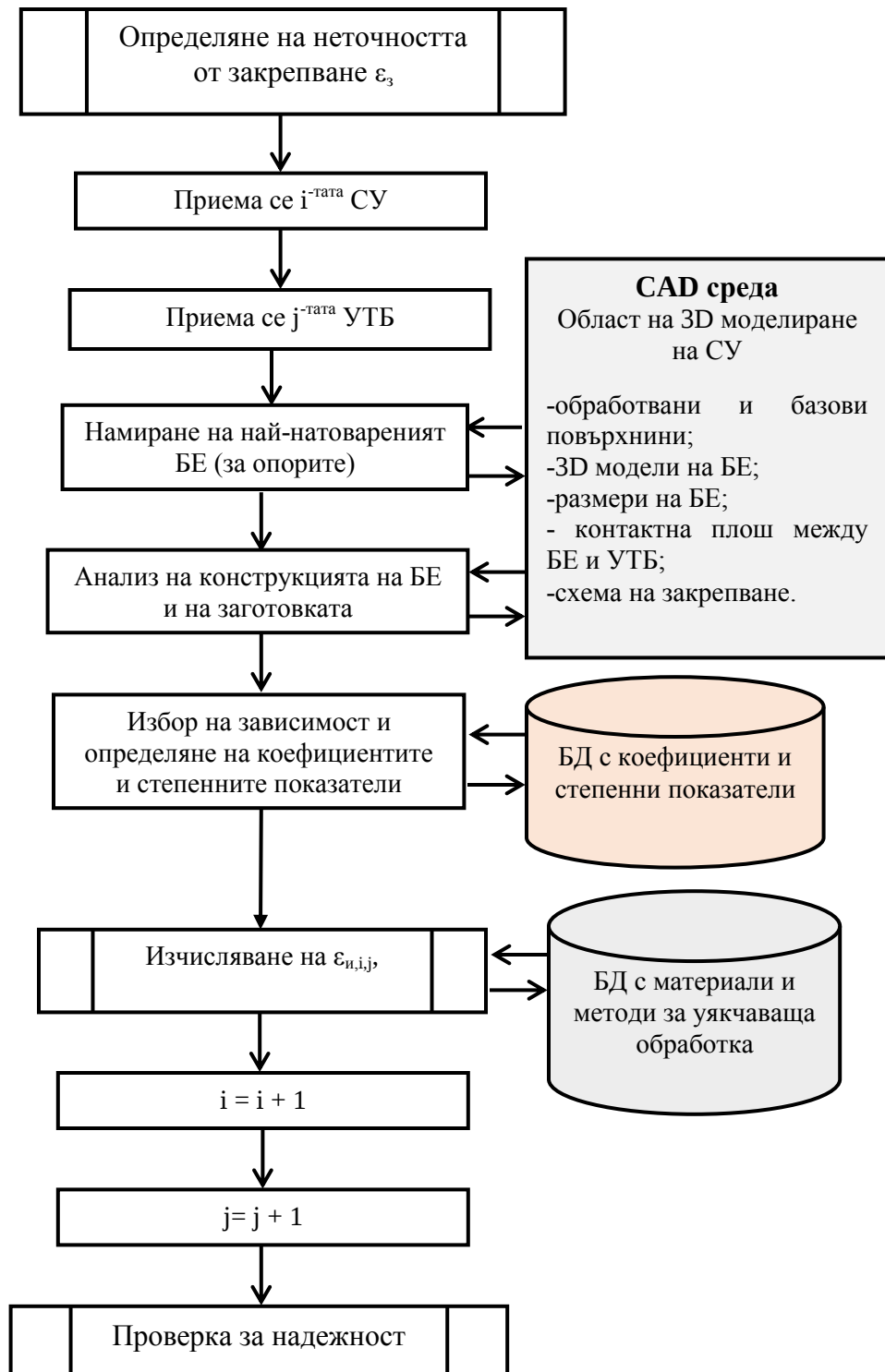
Фиг. 3.10. Определяне на неточността от закрепване (продължение)

където Q е натоварването на опората, N ; HV – твърдост на БЕ, t_o – основното време за изпълнение на операцията, $\min$; W – критерий за износоустойчивост; S – площ на контакт на БЕ и заготовката, mm^2 ; k_y – коефициент, отчитащ условията на обработване (материал на заготовката, метод на обработване, охлаждане); m , m_1 , m_2 – експериментални коефициенти; L – дължина на пътя на плъзгане на заготовката по БЕ до достигане до опората, mm (определя се ориентировъчно от условията на експлоатация).

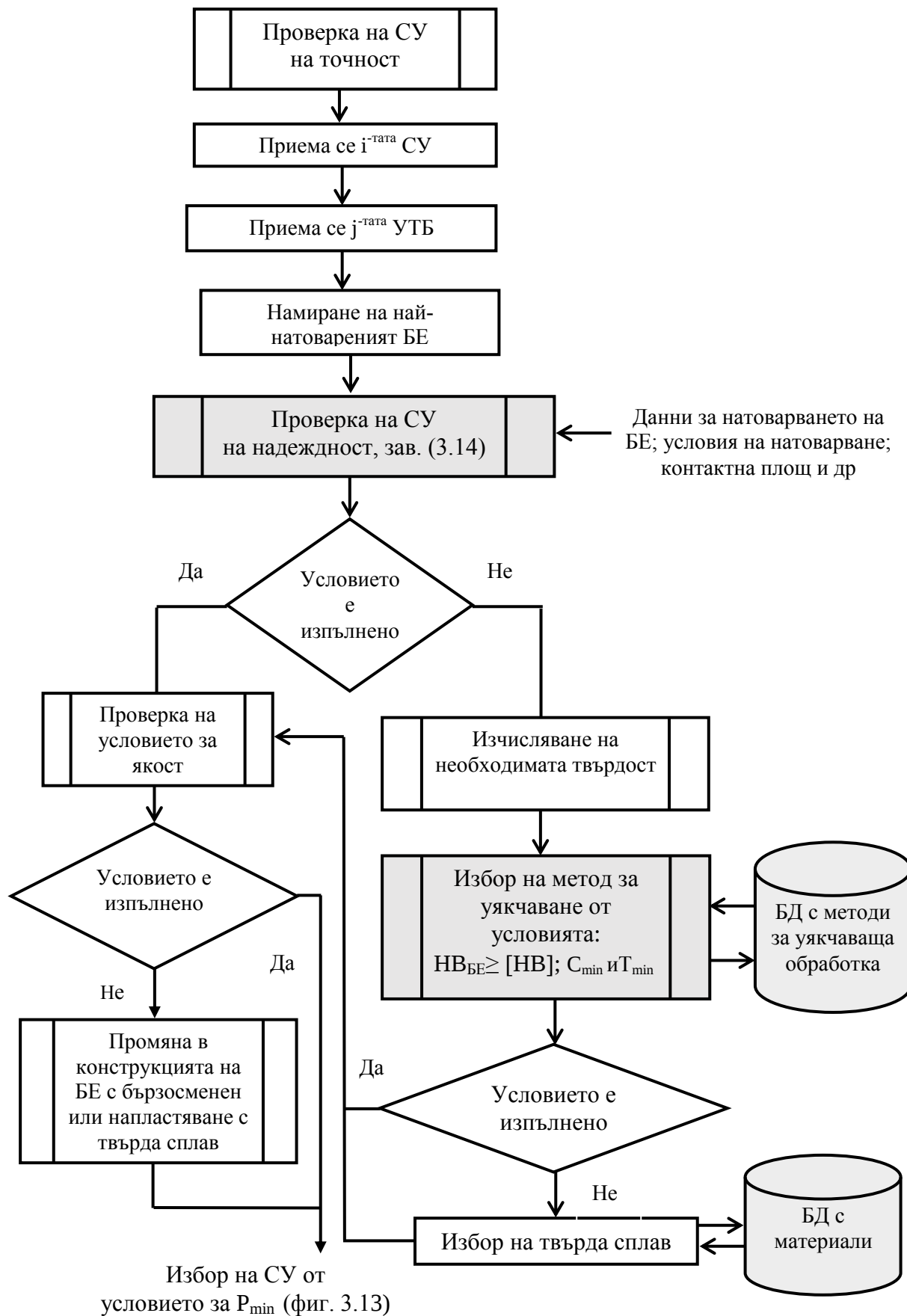
Допустимото размерно износване на БЕ $[\varepsilon_n]$ се определя след определяне на икономичната точност на метода на обработване ω и неточностите от базиране ε_6 и закрепване ε_3 по зависимостта

$$[\varepsilon_n] = 0,9\sqrt{(IT - \omega)^2 - \varepsilon_6^2 - \varepsilon_3^2}.$$

Блок схемата за проверка на СУ на надежност е показна на фиг. 3.12.

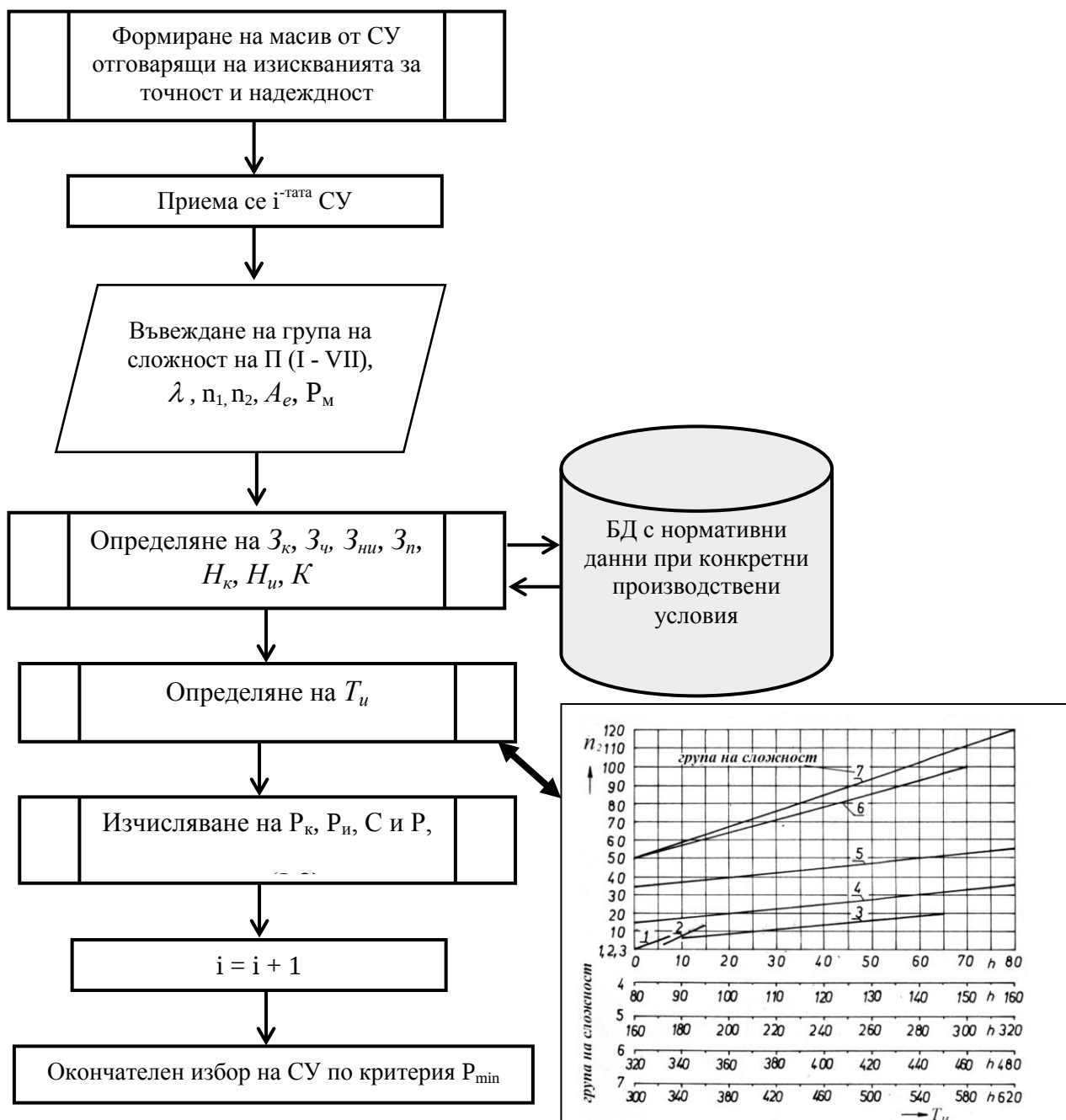


Фиг. 3.11. Определяне на размерното износване на базиращите елементи



Фиг. 3.12. Проверка на СУ на надеждност и търсене на рационален метод за уякчаване

При избрани повече от една СУ отговарящи на условието за надеждност, се избира тази осигуряваща минимални разходи за изработване на приспособлението $P_{\min}$, по методика описана във втора глава и алгоритъма показан на фиг. 3.13.



Фиг. 3.13. Избор на СУ от условието за минимални разходи за изработване на приспособлението

ГЛАВА ЧЕТВЪРТА

МОДЕЛИ И УКАЗАНИЯ ЗА АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ОПТИМАЛНА СХЕМА НА УСТАНОВЯВАНЕ

Анализът на модела за избор на оптимална СУ показва, че най-подходящ метод за нейната програмна реализация е обектно-ориентираното програмиране, тъй като СУ и БЕ от които е съставена се разглеждат като обекти за оптимизиране, имащи определени характеристики и връзки. Поради това е рационално описанието на структурата, параметрите и връзките на СУ и БЕ да се представят като класове, съдържащи данни за създаването, анализирането и оптимизацията на обектите. Това опростява обмена на данни с CAD системата, тъй като тя разглежда всеки модел и неговите елементи като обект, описван с помощта на даден клас.

Съществена част на обектно-ориентираната система е *диаграмата на класовете*, която изобразява класовете и връзките между тях, представяйки логическия модел на системата.

Структурната схема на класовете и тяхните логически връзки е показана на фиг. 4.1. Съгласно схемата основа на разработвания модул е API класа на приложенията, осъществяващ връзката с API SolidWorks и съдържащ класовете СУ и БЕ, а също така функциите и процедурите по избора на оптимална СУ.

Тъй като системата SolidWorks е строго параметрична, то всичките модели в нея са представени във вид на дърво от елементи, които са свързани с параметрични връзки. Това дава възможност всеки елемент да се разглежда като обект от определен клас, взаимодействащ с други обекти с помощта на функции и процедури, описващи параметричните връзки.

Моделът на обекта на проектиране се представя като набор от тела, състоящи се от съвкупност от повърхнини и таблица с геометричните и размерните параметри на даденото тяло. Таблицата на параметрите описва интерфейса на взаимодействията на таблиците MSehel за създаването и редактирането на базата данни на конструктивните варианти на телата.

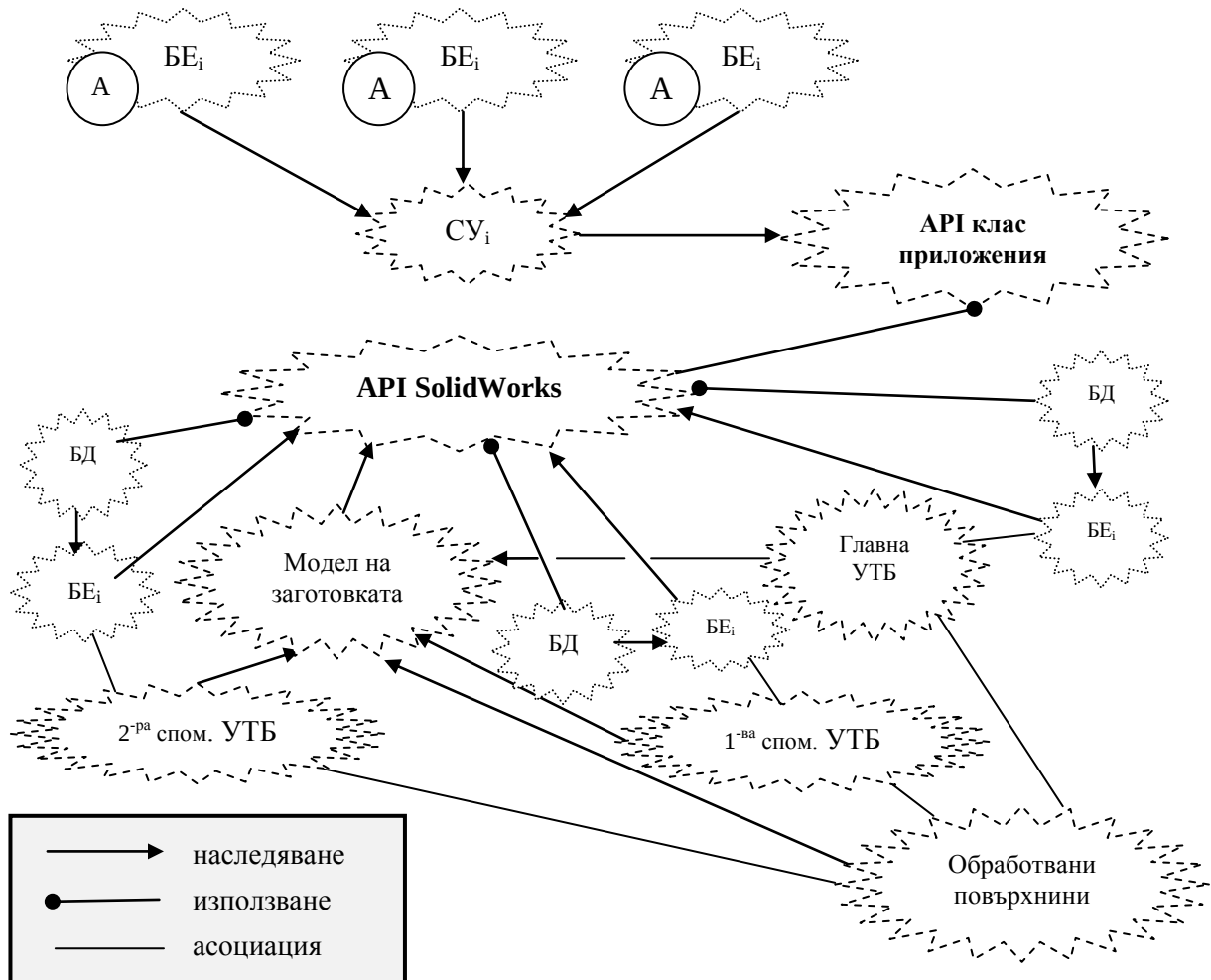
Имайки достъп до модела на обекта може автоматично да се премества по неговото параметрично дърво и при необходимост да се променят значенията на параметрите на модела.

В показаната на фиг. 4.1 структурна схема, заготовката и БЕ се явяват класове тела, обработваните повърхнини и повърхнините явяващи се установъчни технологични бази (УТБ) – класове на повърхнините, а БД – класове на таблиците на параметрите.

Тъй като диаграмата на класовете отразява само логическата структура на системата, а не нейната динамика, то е необходимо да се сформират схеми отразяващи реалните изменения. При обектно-ориентираното проектиране такива се явяват диаграмата на прехода от едно състояние в друго (фиг.4.2).

Структурната схема на програмния продукт е показана на фиг. 4.3. Основа на системата са API класовете, даващи достъп към функциите SolidWorks и напълно интегриращи програмния модул в неговата среда. Той управлява изпълнението на всички функции и процедури, а също така интерфейса на потребителя. Основните

изчислителни модули на системата са изнесени във вид на отделни динамични библиотеки на функциите.



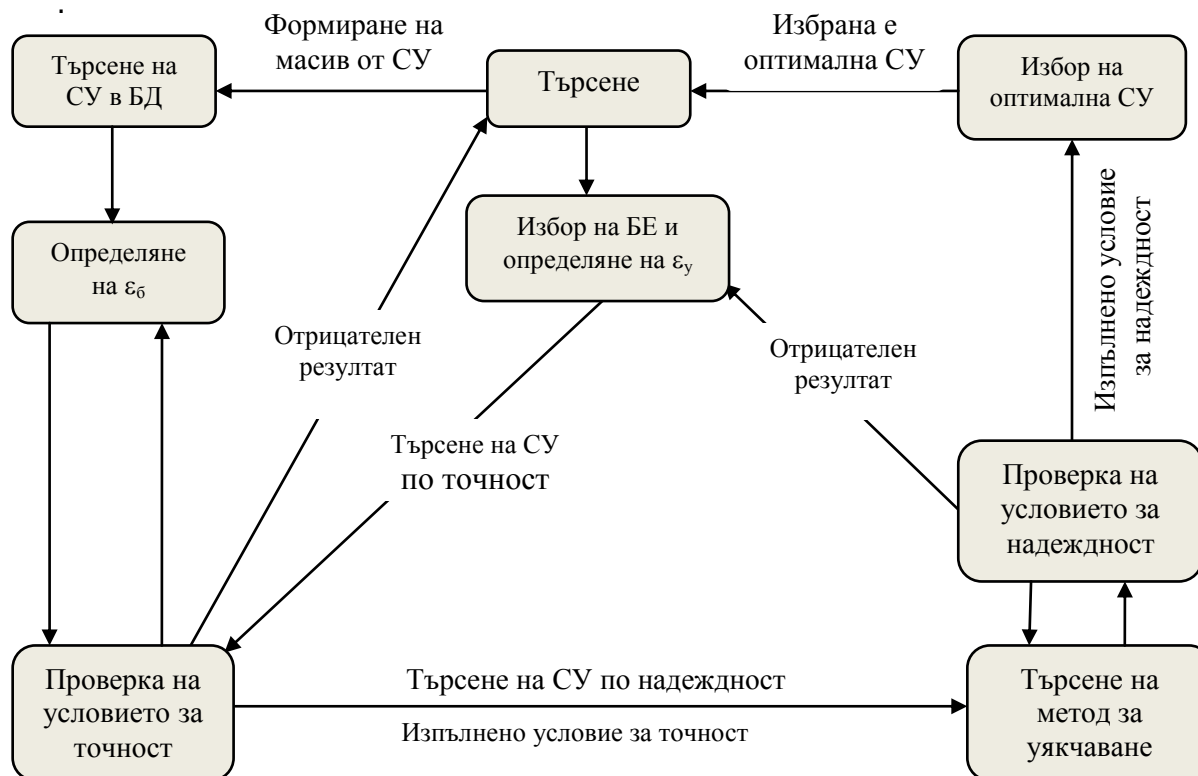
Фиг. 4.1 Структура на класовете в системата CAD +САПР СУ (А – абстрактен клас)

За програмната реализация на автоматизираната система е разработена база данни от твърдотелни модели на БЕ в средата на SolidWorks и таблици за автоматизиран избор на параметрите им в средата на MSeXel (фиг.4.5). Базата данни позволява включване на нови конструкции базирани елементи.

За автоматизираният избор на оптимална схема на установяване е необходимо да се разработи базата данни със справочна информация съдържаща различни по съдържание и структура данни: допускови полета; икономична точност на методите за обработване; параметри на качеството на повърхнините след различните методи за обработване; неточности от закрепване и др.

Част от тази база данни се съхранява под формата на отделни електронни таблици, достъпът до които е въз основа на директни запитвания.

По-сложна е организацията на съхранение на данните за материалите и методите за уякчаващи обработки.



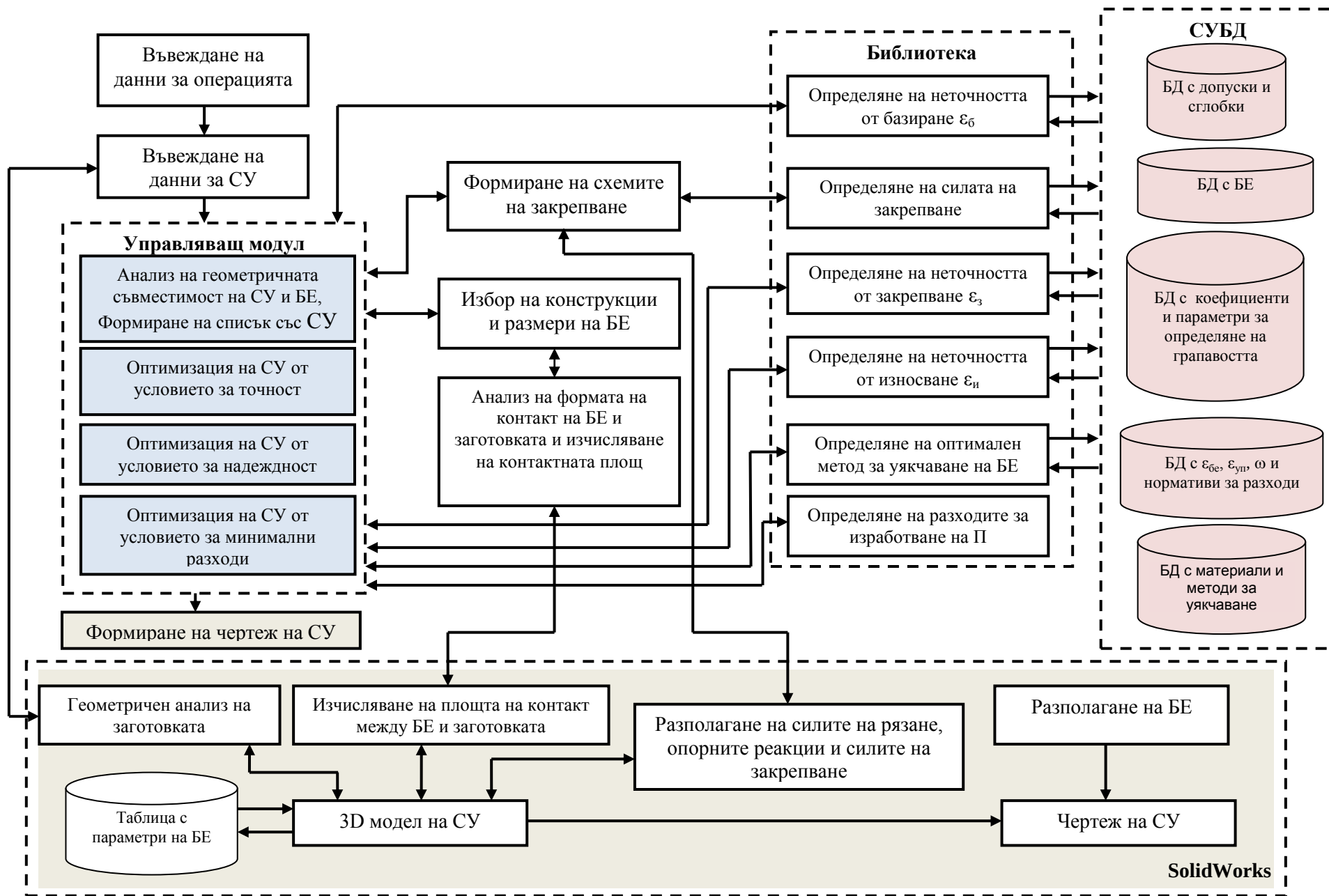
Фиг. 4.2 Диаграма на състоянието при проектирането на СУ

Най-голямо разпространение са получили системите за управление на база данни (СУБД) на основата на релационни модели. Ето защо е рационално да се използват такива СУБД за разработване на структура за съхранение на данните за материалите и методите за уякчаване.

Разработена е методика за практическа реализация на автоматизираната система за избор на оптимална схема на установяване, включваща етапите:

- Създаване на твърдотелен 3D модел на заготовката;
- Въвеждане на данни за технологичната операция;
- Указване на повърхнините използвани за установъчни технологични бази и генериране на списък с възможните СБ;
- **Модул** „Анализ на геометричната съвместимост на СБ и повърхнините на заготовката“ и извеждане на уточнен списък на СБ;
- **Модул** „Оптимизация на схемите на установяване от условието за точност“;
- **Модул** „Оптимизация на схемите на установяване от условието за надеждност“;
- **Модул** „Избор на схема на установяване от условието за минимални разходи за изработване на приспособлението“;
- Извеждане на крайните резултати с чертеж на СУ.

Методиката е проиграна с пример даден в приложение към дисертационната работа.



Фиг. 4.3. Структурен модел на програмния пакет

ОБЩИ ИЗВОДИ И КОНСТАТАЦИИ

В резултат на извършената работа, е постигната целта на дисертационната работа - да се разработи система за избор на оптимална схема на установяване на заготовките при механично обработване в условията на CAD – среда, осигуряваща усъвършенстване на технологичната подготовка на производството чрез намаляване на разходите за време и средства при проектиране приспособления.

Могат да се направят следните *общии изводи и констатации*:

1. Извършена е систематизация на възможните схеми на базиране на заготовките в приспособленията за установяване при механично обработване с оглед използването и при автоматизирано проектиране.

2. Предложен е алгоритъм за автоматизиран избор на рационална схема на установяване по показателите точност, минимално спомагателно време и себестойност.

3. Проведен е анализ, с помощта на който са разкрити критериите за: геометрична съвместимост, позволяващи да се извърши избор на СБ, удовлетворяваща геометричната форма на заготовката; избор на конструкции БЕ, при използване на различни технологични бази, от гледна точка на тяхното предназначение и ремонтпригодност.

4. Разработена е методика за избор на оптимална схема на установяване и конструктивната и реализация в зависимост изискваната точност при обработването и необходимия срок на експлоатация (междуремонтен период).

5. Разработен е алгоритъм и са предложени зависимости за определяне на размерите на базиращите елементи в зависимост от схемата на базиране.

6. Като основен подход за решаване на задачата за автоматизация на избора на оптимална схема на установяване и нейната конструктивна реализация е приет системният подход, позволяващ да се разбие цялата задача по оптимизацията на отделни етапи, да се открият връзките между тях и критериите за оптимално търсене. За решаване на задачата за автоматизиране на проектирането на оптимална СУ е приложен обектно ориентиран подход.

7. Получен общ модел на автоматизирана система за избор на оптимална схема на установяване в приспособленията за установяване на заготовките с помощта на CAD системи на основата на триизмерно твърдотоделно моделиране.

8. Разработени са модели и алгоритми за автоматизация на локални задачи за оптимизация на схемите за установяване и са сформирани бази данни, необходими за тяхната реализация.

9. Разработени са модели за работа на автоматизирана система за проектиране на приспособления за установяване на заготовките при механично обработване под формата на диаграми на класовете и състоянията, които могат да се използват за разработване на софтуерен продукт за избор на оптимална схема на установяване;

10. Разработена е структурна схема на програмния пакет, необходим за избор на оптимална схема на установяване;

11. Разработена е база данни с твърдотоделни модели на базиращи елементи и таблици за автоматизираният им избор. Базата данни позволява включване на нови конструкции базиращи елементи.

12. Разработена е методика за практическа реализация на автоматизираната система за избор на оптимална схема на установяване.

13. Разработените алгоритми и методика могат да се използват за разработване на програмен продукт, позволяващ автоматизиране на рутинните дейности свързани с избор на оптимална схема на установяване на заготовките при механично обработване.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

В резултат на извършената работа са постигнати следните *приноси*:

Научно-приложни приноси:

- Систематизацията на възможните схеми на базиране на заготовките в приспособленията за установяване с оглед използването и при автоматизирано проектиране.
- Дефинираните критерии за: геометрична съвместимост, позволяващи избор на схема на базиране, удовлетворяваща геометричната форма на заготовката; избор на конструкции БЕ, при използване на различни технологични бази.
- Разработените методика, модели, алгоритми и диаграми на класовете и състоянията които могат да се използват за разработване на софтуерен продукт за избор на оптимална схема на установяване.

Приложни приноси:

- Разработената структурна схема на програмния пакет за избор на оптимална схема на установяване.
- Разработената база данни с твърдотелни модели на базиращи елементи.
- Автоматизираните таблици за: избор на модели на базиращи елементи; предварителна оценка на икономическата ефективност на проектираните приспособления.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Metev H., Gitan A., Selection of optimal basic schemes in automatic design of fixtures for the locating of workpieces during machining. International scientific conference UNITECH'19, Gabrovo, Bulgaria 2019, vol..2, p. 206-211.ISSN 1313-230X.
2. Метев Х., Гитан А., Амуджев И.Избор на оптимална схема на установяване на заготовките и определяне на неточността от базиране при автоматизирано проектиране на приспособления за установяване на заготовките при механично обработване. сп. „Машиностроене и машинознание“, бр.31, с. 18-24, Варна, 2021г. ISSN 1312-8612.
3. Metev H., Krumiv K., Gitan A., Selection of Locators in Automated Design of Fixtures for Locating Workpieces During Machining.Environment. Technology. Resources. Rezekne,Latvia,Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Vol. 3, pp. 202-207. ISSN 2256-070X (Scopus).
4. Гитан А. Програмна реализация на автоматизирана система за избор на оптимална схема на установяване на заготовките при механично обработване. сп. „Машиностроене и машинознание“, бр.32, с. 56-61, Варна, 2021г. ISSN 1312-8612.
5. Гитан А. Метев Х. Критерии за избор на оптимална схема на установяване при автоматизирано проектиране на приспособления за установяване на заготовките при механично обработване. Младежки форум „Наука, технологии, иновации, бизнес – 21-22.11.2024, Пловдив, Сб. доклади, 2024, с. 111 – 116. ISSN 2367-8569

TITLE: OPTIMIZATION OF WORKPIECES LOCATING DURING MACHINING IN CAD ENVIRONMENT

Author: mag. eng. Ali Abdulkarim Gitan

ABSTRACT

The thesis investigates the issues related to the optimization of locating schemes for the workpieces up in machining using CAD systems.

An analysis and systematization of the locating schemes for the workpieces has been carried out and criteria for the selection of the locators have been defined, taking into account the conditions of geometrical compatibility, allowing the selection of a locating schemes satisfying the geometrical shape of the workpiece.

Methodology and algorithms for quality assurance of fixture design are developed based on selection of an optimal locating scheme the criteria of machining accuracy and reliability of the designed fixture.

A model for automation of the design of an optimal locating scheme and its constructive implementation using modern CAD systems based on the technology of three-dimensional solid parametric modeling is developed.

Developed is a structural diagram of the software package needed to select the optimal locating scheme. The main calculation modules of the system are presented in the form of separate dynamic libraries of functions.

A methodology for the practical implementation of the automated system for the selection of the optimal locating scheme has been developed, a database with solid models of the locators has been created, and tables for their automated selection have been developed.

Key words: fixtures for the locating, locating schemes for the workpieces, accuracy, inaccuracy of locating, reliability, automatic design.