

АНАЛІЗ ТА ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ САПР ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ

О. А. Охріменко, канд. техн. наук,
Національний технічний університет України «КПІ»,
вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 03056, Україна,
E-mail: itm@kpi.ua

Виконано огляд існуючих САПР черв'ячних фрез та проаналізовано їхні можливості у вирішенні задач проектування різального інструменту згідно вимог що до розробки комп'ютерних технологій проектування різальної частини інструменту в умовах сучасного машинобудування.

Ключові слова: черв'ячна фреза, зубчасте колесо, різальний інструмент, САПР.

ВСТУП

Зубчасті колеса є важливими елементами механізмів та машин. У сучасному машинобудуванні під час нарізання зубчастих коліс широко застосовується зубофрезерування черв'ячними фрезами. .

Існуюча теорія проектування такого інструменту не здатна забезпечити всіх вимог, які пред'являються до різальних інструментів в умовах сучасного виробництва. Це пов'язано з тим, що повною мірою не вирішені питання профілювання, формоутворення, аналізу геометрії різальної кромки та технології виготовлення формоутворюючих поверхонь черв'ячних фрез. У результаті стримується розвиток САПР черв'ячних фрез, що є нагальним питанням сучасного машинобудування.

На основі досліджень існуючих САПР [1; 2; 3] та вимог що до сучасного різального інструменту, на рисунку 1 наведено задачі, які повинні бути вирішені під час розробки комп'ютерних технологій його проектування. Сучасна САПР різального інструменту для вирішення поставлених задач повинна складатись з чотирьох взаємодіючих між собою підсистем: проектування, аналізу, виготовлення та контролю.

Проблема створення САПР черв'ячних фрез, яка б вирішувала всі задачі проектування цих інструментів, є актуальною.

Метою даної роботи є огляд існуючих САПР черв'ячних фрез, аналіз їхніх можливостей у вирішенні задач проектування цього різального інструменту згідно вимог, що пред'являються в умовах сучасного машинобудівного виробництва до черв'ячних фрез.

Для розроблення сучасної САПР черв'ячних фрез необхідно провести огляд існуючих САПР цих інструментів, проаналізувати їхні можливості у вирішенні задач проектування різального інструменту згідно з вимогами, що пред'являються в умовах сучасного машинобудівного виробництва до черв'ячних фрез.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ

На даний час відома система автоматизованого проектування «САПР ФРЕЗ» [4], що працює в середовищі автоматизованого проектування «Компас» фірми «АСКОН» (Російська Федерація). За описом ця система призначена для автоматизованого проектування черв'ячних фрез, створення технічної та графічної документації й виводу її за допомогою системи «Компас». Система також призначена для проектування суцільних черв'ячних фрез для нарізання деталей типу: зубчасті колеса ГОСТ 1643-81 – фреза ГОСТ 9324-80; шліцьові вали ГОСТ 1139-80 – фреза ГОСТ 8027-86; зірочки ГОСТ 591-69 – фреза ГОСТ 15127-83; передача Новікова ГОСТ 15023-69 – фреза ОСТ 2И41-11-87, нестандартні деталі – гострошліцьові вали.

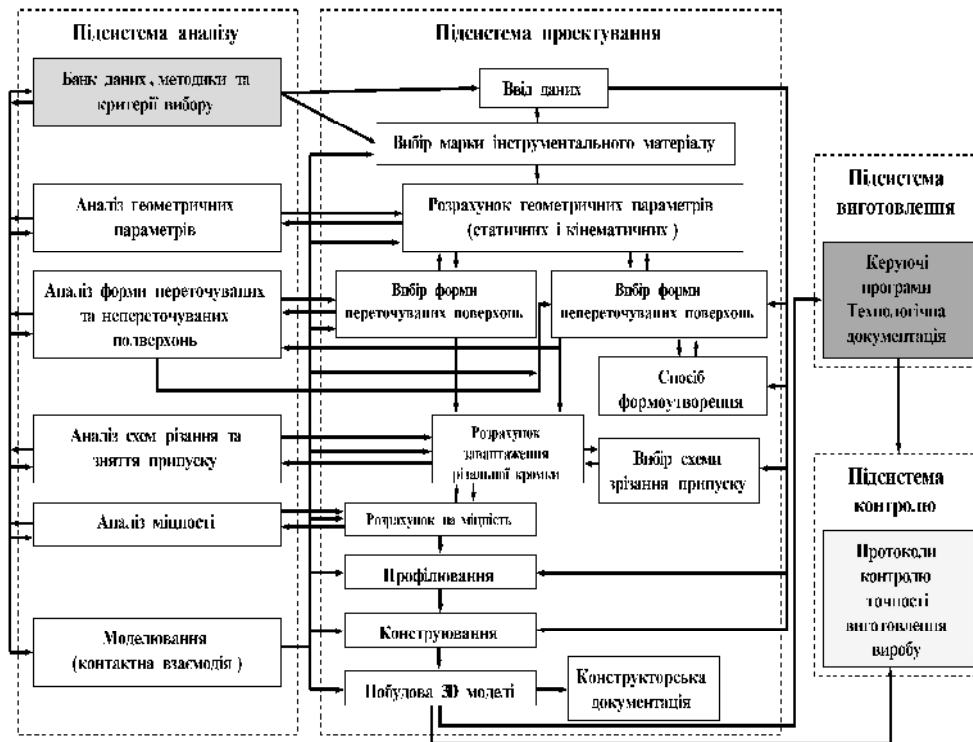


Рисунок 1 - Загальна схема розробки комп'ютерних технологій проєктування різальної частини інструменту

Вхідними даними є параметри зубчастого колеса та основні конструктивні параметри фрези, які вводяться користувачем у діалогову режимі. Інші параметри фрези розраховуються за відомими залежностями [5]. Результатом є робоче креслення черв'ячної фрези.

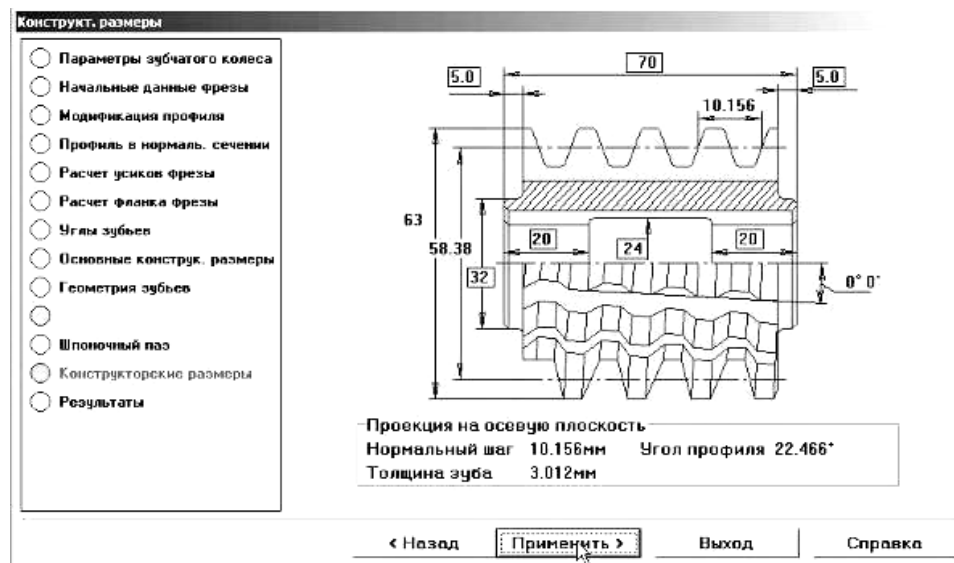


Рисунок 2 - Графічний інтерфейс проєктування черв'ячної фрези в системі «САПР ФРЕЗ»

Для перевірки профілю отриманої фрези використовується додатковий модуль КЗ (розробник «Научно - внедренческий центр ГеоС», м. Нижній-Новгород, Російська Федерація). Перевірка здійснюється шляхом візуалізації обробки за кінематичною схемою кочення прямої по колу. З прямою пов'язаний профіль інструментальної рейки, з колом – профіль деталі, що обробляється таким інструментом. Дана система автоматизованого проектування дозволяє повністю автоматизувати роботу конструктора-інструментальника під час проектування черв'ячних фрез.

Деякі підприємства та фірми, що виготовляють зуборізний інструмент для своїх потреб, також розробляють програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати проектування черв'ячних фрез. Однак, інформація про ці програмні продукти майже не поступає до відкритого друку. Все, що відомо, носить рекламний характер і не дає можливості повною мірою оцінити характеристики тієї чи іншої системи.

Для прикладу, на ПАТ «Мотор Січ» (Україна) використовується програмний модуль «Зубообработка» [6], розроблений працівниками цього підприємства (рис. 3), що складається з двох підсистем: «Черв'ячні фрези» та «Довбачі». Для створення системи «Зубообработка» використовується система бібліотек CASCADE (Computer-aided Software for Computer-aided Design Engineering) – середовище програмування, розроблене фірмою MATRA DATAVISION на базі MS Visual C++, що є набором компонентів для розробки спеціальних технічних і професійних систем, у тому числі і в такій області, як САПР.

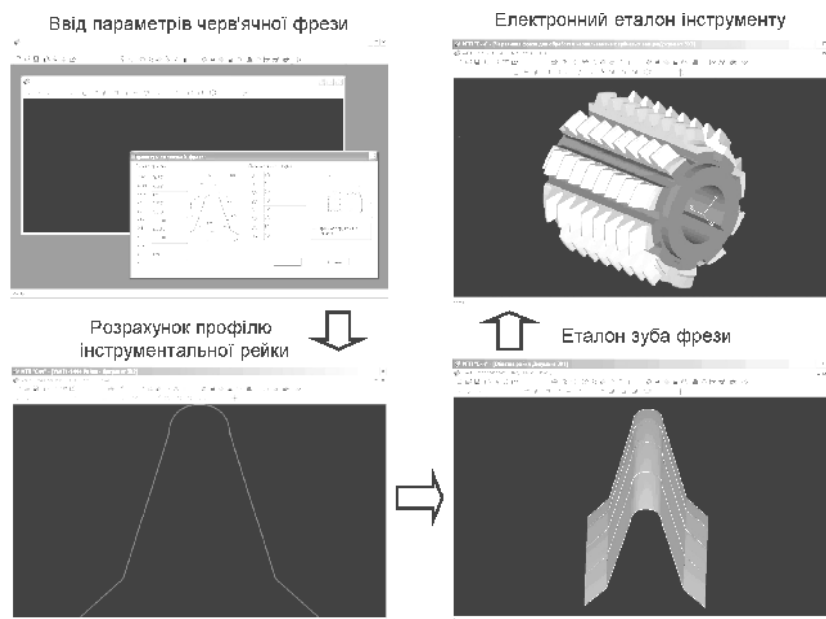


Рисунок 3 - Приклади проектування в системі «Зубообработка» ПАТ «Мотор Січ» (Україна)

Дана система дозволяє проектувати черв'ячні фрези та довбачі. Її структуру та інтеграцію у виробничий процес на підприємстві ПАТ «Мотор Січ» (Україна) [6] наведено на рисунку 4.

Проектування черв'ячних фрез ведеться в цій системі на базі плоскої задачі: рейка – колесо. Отриманий профіль рейки покладено в основу нормального перерізу черв'ячної фрези. Вирішується як пряма задача проектування, так і обернена – побудова за профілем рейки профілю спряженого з ним колеса. Отриманий за результатами розрахунків профіль зубчастої рейки в подальшому використовується, як нормальний

переріз черв'ячної фрези. Отримана 3D модель черв'ячної фрези і буде електронним еталоном. Усі розрахунки, як під час проектування, так і під час перевірки, здійснюються в одному програмному середовищі. Тривимірна модель інструменту використовується для контролю інструменту на координатно-вимірвальній машині, як еталон.

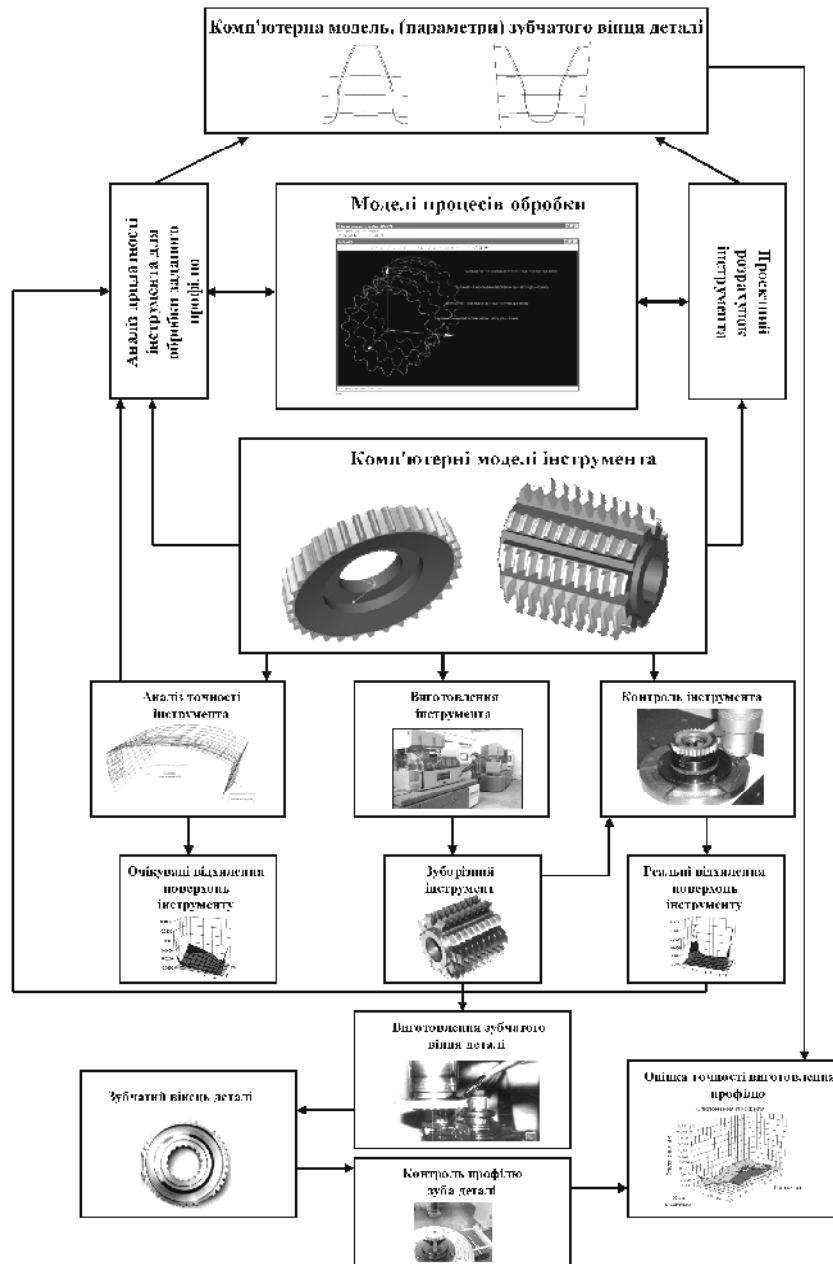


Рисунок 4 - Структура системи «Зубообработка» ПАТ «Мотор Січ» (Україна)

Відомий програмний комплекс «ФРЕЗА» (Російська Федерація) також дозволяє проектувати та моделювати процес обробки черв'ячними фрезами зубчастих евольвентних коліс [7]. Робочий вигляд екрану цієї системи показано на рисунку 5.

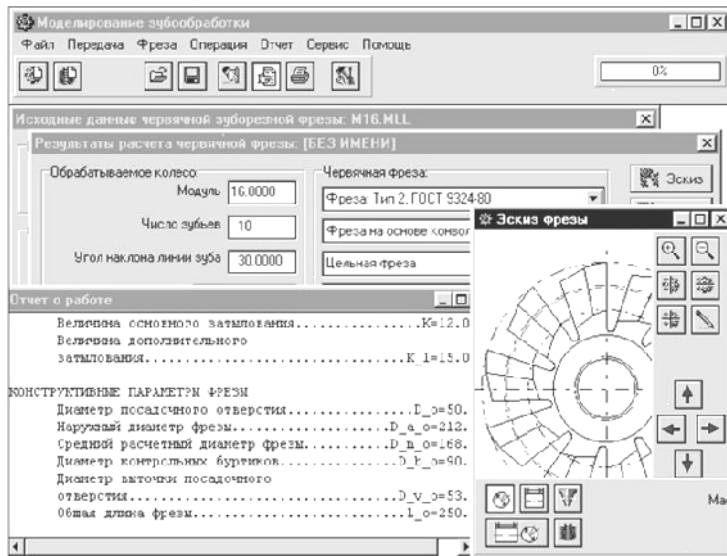


Рисунок 5 - Рабочий вид экрана програми «ФРЕЗА»

Для розрахунків використовується база стандартних фрез за ГОСТ 9324-80 «Фрезы чистовые для нарезания эвольвентных колес». Структуру модуля цієї САПР для розрахунків черв'ячних фрез [7] наведено на рисунку 6.

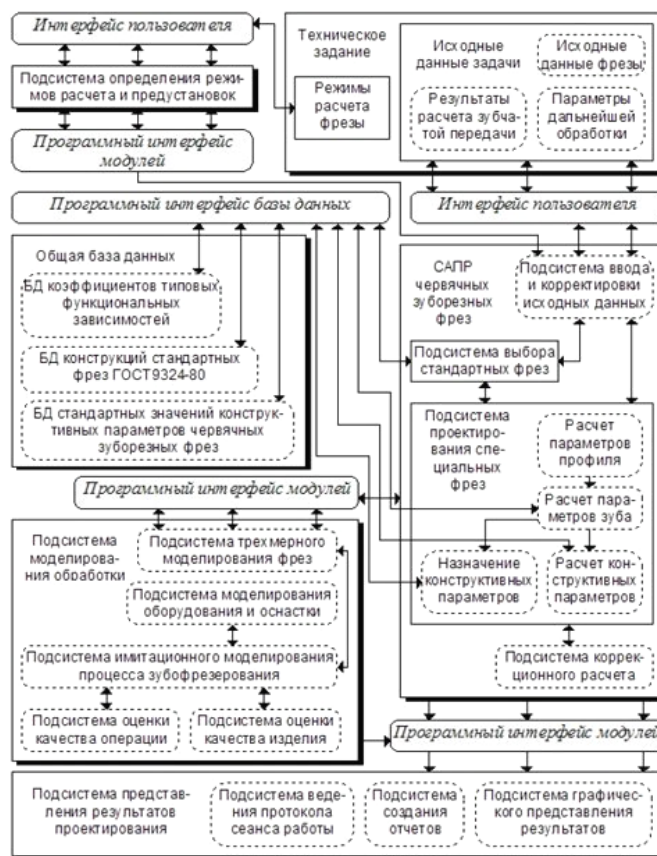


Рисунок 6- Структура модуля САПР «ФРЕЗА» для розрахунків параметрів черв'ячних фрез та моделювання процесу обробки такими фрезами

Система дозволяє проектувати стандартні фрези та фрези з профілем зуба, призначеним для попереднього зубонарізання під шліфування і шевінгування та здійснювати візуалізацію обробки фрезами для кінематичної схеми: кочення початкової прямої (фреза) по початковому колу (зубчасте колесо). Також в цій системі реалізовано аналіз завантаження різальної кромки черв'ячної фрези під час зубофрезерування.

На ФГУП ММПП «Салют» (Російська Федерація) розроблена САПР [8] для автоматичного геометричного розрахунку основних параметрів зубчастого зачеплення і параметрів черв'ячних фрез із протуберанцем, призначених для обробки цих коліс (рис. 7).

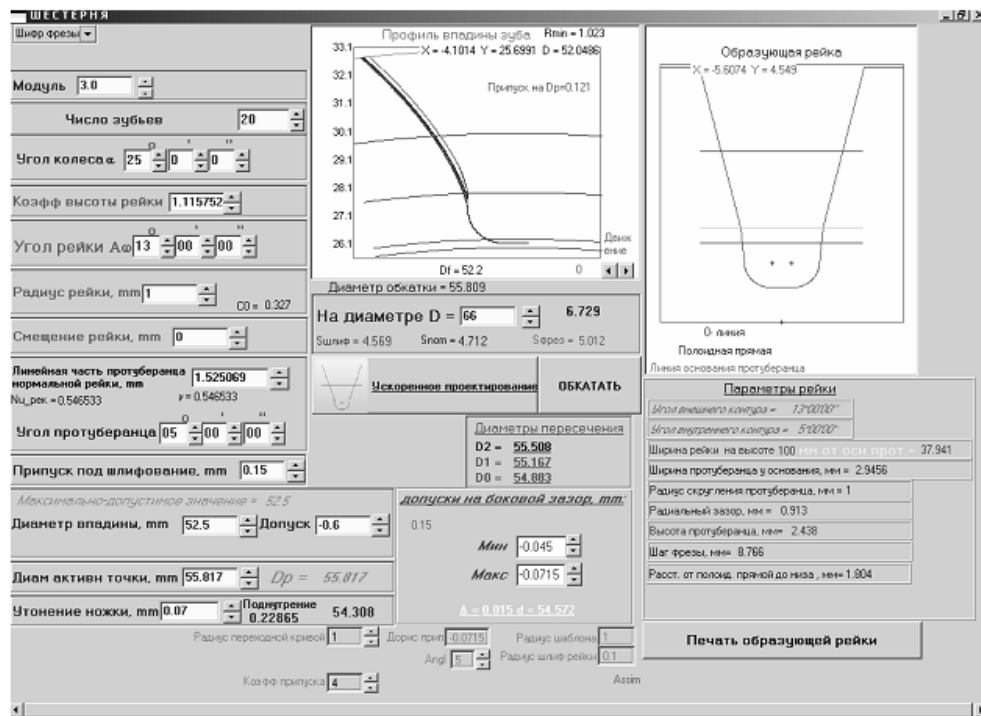


Рисунок 7 - Загальний вигляд екрану програми геометричного розрахунку основних параметрів зубчастого зачеплення і параметрів черв'ячних фрез з протуберанцем, призначених для оброблення цих коліс (ФГУП ММПП «Салют»)

Дана САПР виконує графічну побудову профілю западини зуба колеса, що проектується, визначає величину радіуса мінімальної кривизни перехідної кривої, здійснює розрахунок на міцність зубчастого колеса, обробленого за допомогою такого інструменту.

Результатом є побудова вихідного інструментального контуру черв'ячної фрези з протуберанцем, аналіз та геометричне порівняння профілів зуба колеса: профілю, отриманого таким контуром та профілю з розрахованою формою западини зуба. Проектування черв'ячних фрез ведеться в цій системі на базі плоскої задачі: рейка – колесо. Отриманий профіль рейки береться за основу для нормального перерізу черв'ячної фрези.

Інформації у відкритому друці про САПР черв'ячних фрез зарубіжних фірм недостатньо. Фірми-виробники черв'ячних фрез: FETTE (Німеччина), Gleason (США), Barit (США), Samputensili (Італія) та інші не надають інформацію про системи, які вони використовують для проектування інструменту та їхні можливості, посилаючись на те, що це

є закритою інформацією, а надають споживачеві тільки готовий інструмент.

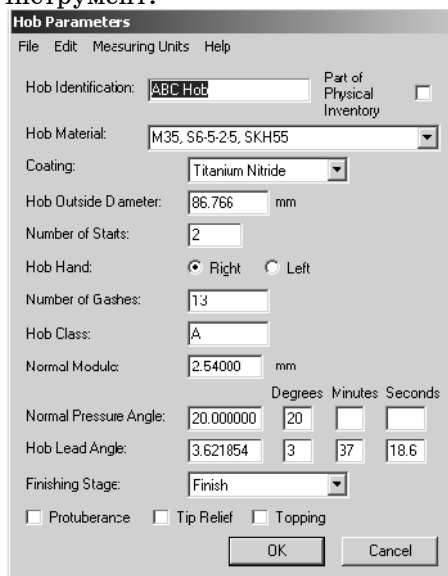


Рисунок 8 - Діалогове вікно програми GearOfisce з параметрами фрези, що проектується

передач. Геометричні параметри рейки розробник цього програмного продукту пропонує брати за основу вихідної інструментальної поверхні під час проектування черв'ячної фрези.

Аналіз функціональних можливостей вищевказаних САПР черв'ячних фрез за функціями згідно зі схемою (рис. 1) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Аналіз функціональних можливостей сучасних САПР черв'ячних фрез

	САПР «САПР ФРЕЗ»	Система «Зубообработка» АТ Мотор Січ	САПР «ФРЕЗА»	ФГУП ММП «Салют»	GearOfisce	GEARCALC
1	Вибір марки інструментального матеріалу	+	+	+	+	-
2	Розрахунок геометричних параметрів різальної частини	-	-	-	+	-
3	Вибір форми переточуваних поверхонь	-	-	-	-	-
4	Вибір форми непереточуваних поверхонь	-	-	-	-	-
5	Спосіб формоутворення переточуваних і непереточуваних поверхонь	-	-	-	-	-
5	Розрахунок завантаження різальної кромки	-	-	+	-	-
6	Вибір схеми зрізання припуску	-	-	-	-	-
7	Розрахунок на міцність	-	-	-	+	-
8	Профілювання 2D/3D	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
9	Параметри конструктивних елементів фрези	+	+	+	+	+
10	Побудова 3D моделі	-	+	-	-	-
11	Конструкторська документація	+	-	+	+	-

У відкритому друці є відомості про наступні зарубіжні САПР черв'ячних фрез:

– GearOfisce [9] – програмний продукт, призначений для проектування черв'ячних зуборізних фрез (рис. 8). Проектування ведеться в діалоговому режимі, ґрунтуючись на виборі варіантів, які пропонує цей програмний продукт. Результатом роботи є числові значення параметрів основних конструктивних елементів фрези. Також приводяться рекомендації з вибору зубофрезерного верстата та параметрів режимів різання для спроектованого інструменту;

– Програмний продукт GEARCALC фірми KISSsoft, (США) [10], призначений для проектування зубчастих передач. Містить модуль для розрахунку інструментальної рейки для зубчастих циліндричних

ВИСНОВКИ

За результатами огляду існуючих САПР черв'ячних фрез можна зробити висновок, що на даний момент відсутня САПР такого інструменту, яка має повний функціонал відповідно до загальної схеми розробки комп'ютерних технологій проектування різальної частини інструменту. Це пов'язано з відсутністю сучасної загальної теорії проектування черв'ячних фрез. Відсутність такої теорії призводить до неопрацювання питань проектування черв'ячних фрез, а саме: *профілювання з урахуванням просторової задачі формоутворення, **аналізу геометрії різальної кромки згідно з міжнародним стандартом ISO 3002/1 «Обработка резанием», ***аналізу завантаження різальної кромки, ****технології виготовлення формоутворюючих поверхонь черв'ячних фрез. Тому вирішення цих питань потребує подальших досліджень у цих напрямках, результатом яких повинно бути створення сучасної САПР черв'ячних фрез, яка б вирішувала задачі та відповідала вимогам, що пред'являються до інструменту сучасного машинобудування.

ANALYSIS AND FEATURES OF CAD HOBGING CUTTERS

O. Okhrimenko,

*National technical university of Ukraine «KPI»,
115 Borshchagovskaya Str., 03056 Kyiv, Ukraine;
E-mail: itm@kpi.ua*

Manufacture of gears by generating method has become common in engineering. The most common tool used in the gears manufacture is a hobbing cutter. Despite the wide well conceived design issues of such a tool is still not fully resolved the issues of designing such a tool. This is due to the lack of modern general theory of design hobs, and this hinders the development of the modern CAD tools.

In order to develop the requirements and characteristics of modern CAD tools this paper considers and reviews the capabilities of existing CAD hobs, gives a comparative analysis of their capabilities, and provides guidance on the functionality to create a modern CAD.

Key words: gear hob, cutter, cutting tools, gear, CAD.

АНАЛИЗ И ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ САПР ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ

A. A. Okhrimenko,

*Национальный технический университет Украины «КПИ»,
ул. Борщаговская, 115, г. Киев, 03056, Украина,
E-mail: itm@kpi.ua*

Производство зубчатых колес методом обкатки получило большое распространение в машиностроении. Наиболее распространенным инструментом, который используется при изготовлении зубчатых венцов, является червячная фреза. Несмотря на широкое изучение вопросов проектирования червячных фрез полностью все проблемы проектирования такого инструмента до сих пор не решены. Это связано с отсутствием современной общей теории проектирования червячных фрез, что в свою очередь сдерживает развитие современных САПР такого инструмента.

Для разработки требований и характеристик современных САПР такого инструмента в работе рассматриваются и анализируются возможности существующих САПР червячных фрез, приводится сравнительный анализ их возможностей, и даются рекомендации по функциональным возможностям для создания современных САПР.

Ключевые слова: червячная фреза, зубчатое колесо, режущий инструмент, САПР.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гречишников В. А. Автоматизированное проектирование металлорежущего инструмента / В. А. Гречишников, Г. Н. Кирсанов, А. В. Катаев. – М. : Московский станкоинструментальный ин-т, 1984. – 109 с
2. Равская Н. С. Особенности разработки информационной технологии проектирования, анализа и контроля сферических концевых фрез/ Н. С. Равская, В. В. Вовк, П. В. Скрынник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць ДДМА. – 2007. – № 22. – С. 14-18.

3. Грицай І. Є. Теоретико - прикладні основи комплексних наукових досліджень процесу нарізання зубчастих коліс : монографія / І. Є. Грицай. – Львів: СПОЛЛОМ, 2009. – 254 с.
4. <http://www.ascon.ru>.
5. Романов В. Ф. Расчеты зуборезных инструментов / В. Ф. Романов. – М.: Машиностроение, 1969. – 251 с.
6. Мозговой В. Ф. Ускорение подготовки производства деталей ГТД с зубчатыми венцами / В. Ф. Мозговой, К. Б. Балущок, И. Г. Ромашко // Оборудование и инструмент. – 2007. - № 4 (91). – С. 46-47.
7. Токарев В. В. Червячные зуборезные фрезы / Токарев В. В. – Волгоград : РПК «Политехник», 1998. – 136 с.
8. Шевченко Г. Х. Система автоматизированного проектирования червячных фрез с протуберанцем в практике производства зубчатых колес на ФГУП ММПП «САЛЮТ» – Режим доступу : <http://www.new.gears.ru>.
9. <http://maypoll.com>.
10. <http://www.kisssoft.ch>.

Надійшла до редакції 12 лютого 2013 р.