

УДК 514.18 + 681.3.06

## ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОФІЛІВ КУЛАЧКІВ ЗУБОЗАТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

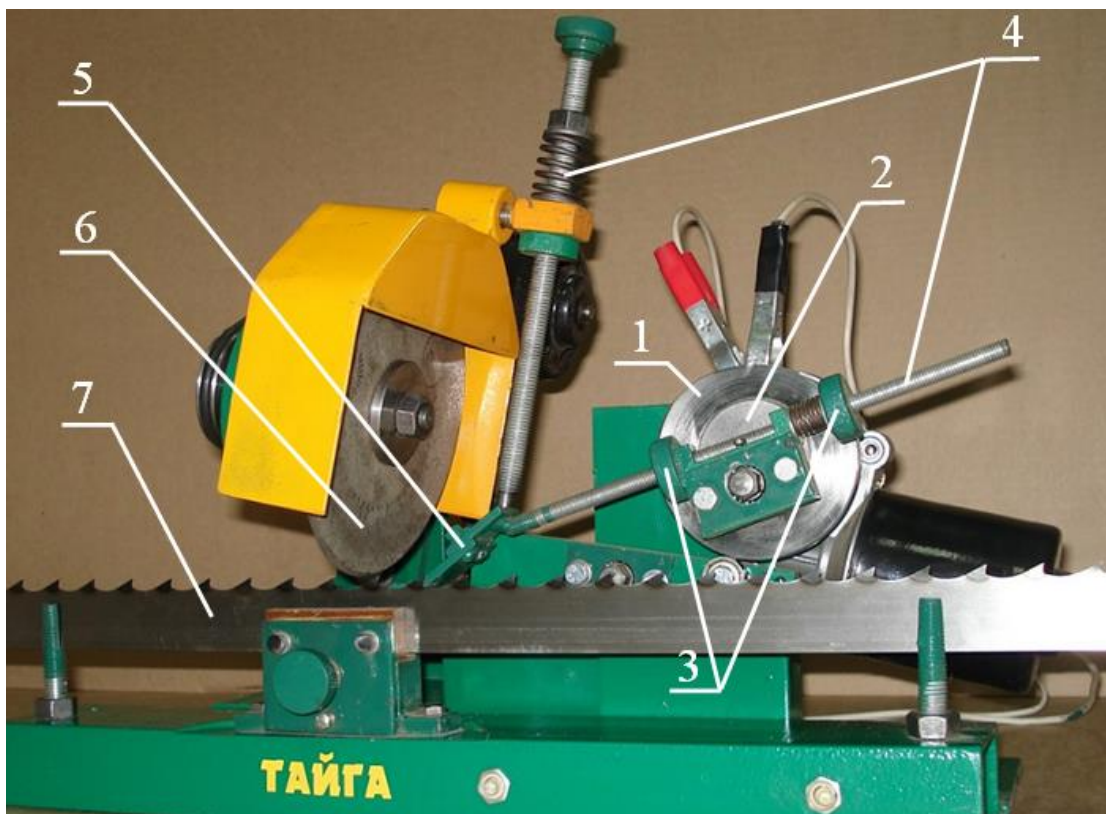
Мацулевич О.Є.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Вершков О.О.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Щербина В.М.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Пихтєєва І.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Івженко О.В.<sup>1</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.

**Постановка проблеми.** Механічні копіювальні пристрої з багаторазово повторюваною дією виконавчого елемента застосовуються для рішення багатьох практичних задач, де потрібна проста періодичність рухів, наприклад, при заточенні інструментальних полотен лісопильної техніки. Подібні задачі з успіхом вирішуються за допомогою кулачкових механізмів, які відповідають вимогам надійності, простоти та легкості обслуговування. Але користувачі звичайного заточувального встаткування зазнають труднощів у досягненні необхідної точності збігу профілю зуба вихідного полотна (від виготовлювача) із профілем, отриманим після заточення. Ці труднощі пов'язані з похибками при розрахунку координат точок профілю кулачка-копіра від яких напряму залежить точність профільного заточення. Усунення зазначених недоліків можливо завдяки застосуванню полярної системи координат при геометричному моделюванні профілю кулачка. В роботах [1,2] розглянуто методику моделювання профілю кулачків газорозподільних механізмів двигунів внутрішнього згоряння в полярній системі координат, де, в якості вихідних даних, взято табличний закон руху штовхача. Отриманий профіль кулачка цілком задовольняє вимогам, які висуваються до роботи газорозподільних механізмів ДВЗ. Однак, при геометричному моделюванні кулачкових механізмів заточувальних пристроїв, наведена методика має ряд недоліків. Всі вони пов'язані з тим, що дискретні координати профілів кулачків, при достатньо великій швидкості обертання розподільчих валів двигунів, задані мінімальною кількістю. Якщо описати профіль такого кулачка спіралеподібною замкненою ламаною лінією, будемо мати багатогранну поверхню, що визначає профіль, з прямолінійними ділянками великої довжини. Для швидкохідних кулачкових механізмів цей фактор не має великого впливу на якісну роботу механізму. Однак, кулачкові механізми заточувальних верстатів мають низьку обертальну швидкість і для їх надійної та якісної роботи дуже важлива відсутність прямолінійних ланок профілю кулачка великої довжини.

**Основні матеріали дослідження.** В роботі пропонується програмна реалізація процесу автоматизованого комп'ютерного моделювання профілів кулачків зубозаточувальних верстатів, які мають низьку швидкість обертання кулачкового механізму. Моделювання здійснюється за методикою функціонального проектування IDF-0, яка використовується у CASE технологіях.

На рисунку 1 наведено зображення верстату з ЧПУ 3К-327 «Тайга» для виготовлення, заточування та переточування стрічкових пил для пилорамних комплексів та схему розташування основних елементів верстату.



- 1 - кулачок подачі заточуваного інструменту;
- 2 - кулачок траєкторії руху заточувальної головки;
- 3 - обкатні ролики;
- 4 - система важилів;
- 5 - штовхальник;
- 6 - абразивний заточувальний інструмент;
- 7 - заточуване інструментальне полотно.

**Рис. 1.** Схема та зовнішній вигляд двокулачкового заточувального верстату з ЧПУ 3К-327 «Тайга».

На рисунку 1 приведено схему конструкції двокулачкового механізму заточування інструментальних полотен лісопилної техніки 7 верстату з ЧПУ 3К-327 «Тайга». Кулачки подачі 1 і заточення 2 посаджені на один вал, що

через регульований редуктор приводиться в обертовий рух. Пари обкатних роликів 3 через систему важелів 4 перетворюють обертання профільованих кулачків у поступальний поздовжній рух штовхальника 5 і поперечний абразивного кола 6. Завдяки синхронному зсуву пилки, під дією штовхальника, і робочої крайки шліфувального кола в процесі заточення формується задана форма зуба.

Згідно методики функціонального проектування процес комп'ютерного моделювання профілю кулачка розбивається на декілька етапів. Це отримання згладжених значень координат точок графіків переміщення, швидкості та прискорення руху штовхача кулачкового механізму, отримання профілю кулачка, побудова в середовищі Unigraphis моделі кулачка-копіра та розробка керуючої програми для станка з ЧПУ для його виготовлення.

Процес моделювання здійснюється у діалоговому режимі між комп'ютером і користувачем.

Інтерфейс програми, на основі якого буде проводитися діалог оператора-користувача та програмного забезпечення, представлений головною формою програми, на якій розміщено функціональні області для введення та представлення отриманих даних, набір кнопок для виклику обробника події натискання кнопки згідно закладеного алгоритму, повного меню інструментальної панелі з дублюванням кнопок присутніх в головній області в традиціях «класичної інструментальної панелі».

Зображення головного вікна програми (рисунок 3) умовно розбито на дві табличні частини: першу – для введення початкових даних; другу – для представлення отриманих результатів розрахунку. Зміст функціональних складових розподілений в області головного вікна таким чином, щоб досягнути наступних якісних характеристик розробленого інтерфейсу:

- оптимальної інтуїтивності інтерфейсу;
- максимальної відповідності до умов розв'язання реалізованого програмним забезпеченням завдання;
- зручності організації ведення розрахунків та представлення вихідної та отриманої інформації;
- відповідного презентаційного вигляду, при дотриманні умов раціонального розміщення функціональних елементів програми, відповідних кольорових характеристик;
- високої інформативності інтерфейсу, завдяки відсутності нагромодження великої кількості інформації в головному вікні, її виведення підлеглими формами за потребою користувача.

Комп'ютерне моделювання профілю кулачка проводяться на основі закладених в програмний продукт кінематичних залежностей, що виникають в механізмі «кулачок-штовхач» під впливом загальних залежностей всього кулачкового механізму приводу руху зубозаточувальної головки верстату.

Для наочного контролю процесу моделювання користувач має змогу побудувати графіки отриманих залежностей, щоб мати змогу виявити осцилюючі ділянки і своєчасно внести зміни.

#	Угол	SI
1	0	0
2	1	0,0005
3	2	0,0022
4	3	0,0051
5	4	0,009
6	5	0,014
7	6	0,02
8	7	0,0271
9	8	0,035
10	9	0,0439
11	10	0,0535
12	11	0,0639
13	12	0,0758
14	13	0,0866
15	14	0,0985
16	15	0,1111
17	16	0,1239
18	17	0,1369
19	18	0,15
20	19	0,1644

#	s'	s''	1 прибл.	2 прибл.	W	R
1						
2			0,0011	0,001025		
3	0,00226		0,0023	0,00115	2,80761672872	0,00318276609
4	0,00338		0,0034	0,001075	3,58800260354	0,00612943716
5	0,00445	0,001018	0,00445	0,00105	4,45919329547	0,01004004482
6	0,0055	0,000924	0,0055	0,00105	5,37433361600	0,01504160895
7	0,00651	0,000804	0,00655	0,001	6,31649139927	0,02104524886
8	0,00748	0,000649	0,0075	0,00092500000	7,26999501358	0,02811867706
9	0,00838	0,000503	0,0084	0,00087499999	8,23554498072	0,03599388837
10	0,00921	0,000294	0,00925	0,00079999999	9,20766842250	0,04486393317
11	0,01016	3,40000000000	0,01	0,00095000000	10,1847836159	0,05442655601
12	0,01077	-0,000267	0,01115	0,000675	11,1727521299	0,06466549545
13	0,01127	-0,000594	0,01135	9,99999999999	12,1496318914	0,07664504224
14	0,01171	-0,000832	0,01135	0,00045000000	13,1303195620	0,08734061197
15	0,01207	-0,001105	0,01225	0,00067499999	14,1237301898	0,09925881572
16	0,0126	-0,001339	0,0127	0,00032499999	15,1136173923	0,11182352167
17	0,01288	-0,001239	0,0129	0,00017500000	16,1037424377	0,12456973950
18	0,01327	-0,00021699999	0,01305	0,00042500000	17,0950378835	0,13752058936

Рис. 2. Результат обробки вхідних даних

Заключним етапом роботи програми є отримання полярних координат та побудова профілю кулачка механізму приводу руху зубозаточувальної головки верстату, на основі конструкторського додатку NX у середовищі Unigraphics. Вікно автоматично-побудованої 3D моделі кулачка зображене на рисунку 3.

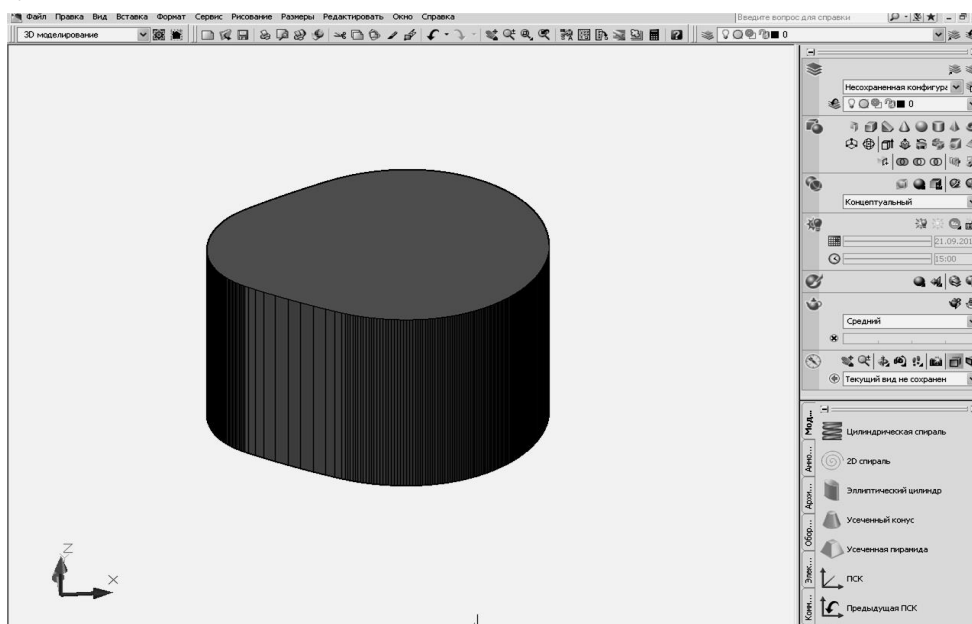


Рис. 3. Генерована 3D-модель кулачка.

**Висновки.** Розроблене програмне забезпечення для моделювання функціональних поверхонь кулачкових механізмів заточувальних верстатів, які мають низьку обертальну швидкість. Використання пропонованого оригінального програмного продукту дозволяє зменшити витрати часу на дослідження задачі профілювання. Всі розрахунки проводяться в автоматичному режимі. Участь проектувальника в процесі розрахунків вдалося звести до необхідного мінімуму.

**Список використаних джерел:**

1. Корчемный Л.В. Механизм газораспределения автомобильного двигателя. Кинематика и динамика. М.: Машиностроение, 1981. 205с.
2. Мацулевич О.Є. Апроксимація дискретно представлених кривих у полярній системі координат за критерієм найменших граничних відхилень: автореф. дис...канд.техн.наук: спец. 05.01.01, Мелітополь: ТДАТА, 2003. 22 с.
3. Федотова Д.Э., Семенов Ю.Д., Чижик К.Н. CASE - технологии: практикум М.: Горячая линия. Телеком, 2005. 160 с.
4. Мацулевич О.Є., Щербина В.М., Залевський С.В. Автоматизація процесу геометричного моделювання робочих поверхонь насадок для фонтанів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 8, том 1. С. 55-68.
7. Івженко О.В., Пихтєєва І.В., Антонова Г.В. Методика складання та розв'язання задач з нарисної геометрії. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації*: матеріали міжнародної науково-практичної ІНТЕРНЕТ-конф. Мелітополь, ТДАТУ, 2020. С.287-291.
8. Гавриленко Е.А., Холодняк Ю.В., Івженко А.В., Найдьш А.В. Назначение характеристик в точках обвода с монотонным изменением кривизны. *Сучасні проблеми моделювання: наукове фахове видання*. Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2019. Вип.16. С. 91-97.
9. Соболев О.М., Мацулевич О.Є. Модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2016. Вип. 6, Т. 1, С. 263-268.