

Ісмаїлова Н. П., Мікрюков І. С., Бикова Л. Г.

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОНСТРУЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ
КІНЕМАТИЧНИХ ПАР ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ
ДЛЯ УСУНЕННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ**

Анотація. В умовах сьогодення, що значною мірою впливає на складну економічну ситуацію в сучасному воєнно-промисловому комплексі України, зумовленої воєнним станом, особливої значущості набуває проєктування виробів для озброєння та військової техніки. Зокрема оптимізації потребує технічне рішення щодо підвищення точності проєктування спряжених зубчастих зачеплень за умови відсутності інтерференції. Для розв'язання порушеної проблеми необхідно передусім дослідити явища інтерференції в проєктуванні спряжених зубчастих зачеплень кінематичних пар, а також перетворення вихідної криволінійної контактної поверхні між профілями зубів, що, у свою чергу, дозволить виключити інтерференцію ще на стадії розроблення деталей для озброєння та військової техніки.

Надійійність і довговічність сучасних складових вузлів і агрегатів озброєння і військової техніки, до складу яких входить значна кількість елементів зі складними спряженими криволінійними поверхнями зубчастого зачеплення, значною мірою залежать від точності їх виготовлення. У процесі моделювання кінематичних пар з такими поверхнями часто виникають складнощі, особливо у випадках, пов'язаних зі створенням зубчастих елементів. Це зумовлює актуальність розробки ефективного методу моделювання профілю багатозаходної черв'ячної фрези, призначеної для обробки спряжених криволінійних зубчастих поверхонь з урахуванням виключення інтерференції вже на етапі проєктування. Запропоновані технічні рішення дозволить не лише вдосконалити процес моделювання, а й підвищити точність виготовлення зубчастих коліс і загальну ефективність виробничих процесів із використанням такої фрези.

Ключові слова: технічне рішення, технологічний процес моделювання, спряжені поверхні, параметризація, інтерференція.

Annotation. In today's conditions, which are significantly influenced by the difficult economic situation in the modern military-industrial complex of Ukraine, caused by martial law, the design of products for weapons and military equipment is of particular importance. In particular, a technical solution to increase the accuracy of the design of mating gears in the absence of interference requires optimization. To solve the problem raised, it is necessary, first of all, to investigate the phenomena of interference in the design of conjugate gear engagements of kinematic pairs, as well as the transformation of the initial curvilinear contact surface between the tooth profiles, which, in turn, will allow eliminating interference even at the stage of developing parts for weapons and military equipment.

The reliability and durability of modern components and assemblies of weapons and military equipment, which include a significant number of elements with complex conjugate curved surfaces of gear engagement, largely depend on the accuracy of their manufacture. Difficulties often arise in the process of modeling kinematic pairs with such surfaces, especially in cases related to the creation of toothed elements. This makes it urgent to develop an effective method for modeling the profile of a multi-start worm milling cutter designed for machining conjugate curved tooth surfaces, taking into account the elimination of interference already at the design stage. The proposed technical solutions will not only improve the modeling process, but also increase the accuracy of gear manufacturing and the overall efficiency of production processes using such a milling cutter.

Keywords: technical solution, technological modeling process, conjugate surfaces, parameterization, interference.

Сучасні технічні рішення, сучасні методи, сучасні інструменти – на цьому базується найновіші технології виготовлення деталей необхідних для виробництва нових виробів у

механізмів з'єднання у військової техніці та озброєння, які дуже важливі у теперішній не зовсім простий час для нашої країни.

Нові сучасні технічні рішення по моделюванню виробів у механізмах військової техніці та озброєння які потребують найбільш новіше і точне автоматизоване виготовлення відносно своїх складних параметрів формоутворення, що приводить для необхідності застосування нових технологій у проектуванні обладнання, які відбувається за допомогою новітніх комп'ютерних програм та технологій на технічному сучасному рівні.

Розв'язання технічних та науково-прикладних проблем, при розробці способу моделювання ріжучого інструменту та зубчастих зачеплень широкого класу, є основною задачею виробництва при обробці криволінійних поверхонь деталей та механізмів. Розв'язання цих проблем, відбувається за допомогою автоматизації оснований на параметричному моделюванні спряжених криволінійних поверхонь. Подальше вдосконалення технічного рішення моделювання спряжених криволінійних поверхонь дозволить розробити загальніші алгоритми, що охоплюють певні види інструментів.

Організація новітнього, ефективного та здатного до конкуренції виробництва, яке враховує потреби споживачів, неможлива без використання технологій, що йдуть в ногу з часом. Неперервна робота такого обладнання вимагає не лише висококваліфікованого обслуговування та досвідчених операторів і налаштувальників, а й ретельного технічного процесу. Різні галузі сучасної промисловості застосовують величезну кількість різноманітних систем і розробок на верстатах із числовим програмним управлінням, спрямованих на досягнення високої продуктивності праці при виготовленні деталей складної форми, зокрема при розробці і виготовленні вузлів і агрегатів військової техніки та озброєння. Кінематичні пари зубчастого зачеплення у механізмах це криволінійний рух, який відіграє важливу роль у вирішенні завдань конструювання деталей для військової техніки та озброєння.

У сучасних системах автоматичної параметризації при проектуванні складних виробів в озброєнні та військовій техніці, все більш широко застосовують побудови спряжених моделей криволінійних поверхонь. Це дає потужний поштовх для розвитку проектування спряжених поверхонь і стимулює пошуки нових шляхів удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей на верстатах з інформаційно-керуючою системою. Зокрема, це стосується технологічних операцій на верстатах з числовим програмним управлінням. Одним із головних напрямків моделювання кінематичних пар, слід вважати вивчення та конструювання форм поверхонь у тісному взаємозв'язку з тими умовами роботи конструкцій в озброєнні та військовій техніці, у яких планується їх використовувати. Вироби з складними криволінійними поверхнями, що виключають інтерференцію при проектуванні впливають на надійність і довговічність роботи механізмів в озброєнні та військовій техніці, тому вимагають ретельніше враховувати зовнішні умови.

Форма криволінійних поверхонь у військовій техніці та озброєнні визначається формоутворюючими поверхневими лініями спряжених кінематичних пар. У зв'язку з цим доцільно застосовувати проектування на основі теорії параметричного кінематичного гвинта, що дозволяє формувати складні траєкторії руху інструмента під час обробки деталей. Сумісність із більшістю сучасних систем числового програмного керування забезпечує широкі можливості для обробки складних поверхонь.

Профіль заданий якоюсь кривою і центроїдою може розглядатися довжиною дуги на центроїді від початкової точки (точки відповідають початку відносного руху) буде залежати від параметрів руху. Якщо розглядати будь-яку точку профілю як положення будь-якої точки на центроїді в певний момент часу, то вся крива уявлятиме собою траєкторію цієї точки.

Введемо дві системи координат: нерухому задану одиничними векторами і рухливу, задану також одиничним вектором дотичними до центроїди і одиничним вектором нормалі, то набір векторів здасться нам трикутник. Тоді точка відносно нерухомої системи координат знаходиться в складному русі, який є сумою відносного і переносного рухів. Як відомо з курсу теоретичної механіки, абсолютною швидкістю цієї точки є похідна її радіусу – вектора за часом, і спрямована по дотичній до траєкторії точки на центроїді, тобто по дотичній до кривої. При зміні часу точка на кривій буде переміщуватися по кривій, яка дотична до центроїди, внаслідок цього довжина дуги даної кривої від початкової точки, що відповідає початку відліку часу, до точки на центроїді, буде залежати від часу. Використовуючи цей закон довільно,

отримаємо криву дотичної до центроїди. Крива з плином часу, причому швидкість не змінить ні величини, ні напрямку, так як закон руху точки на центроїді в нерухомій системі координат не змінився. Тоді в будь-який момент часу можна визначити векторну довжину, а значить і її функцію. Таким чином, точка на центроїді при всіх цих змінах буде описувати одну і ту ж криву, вектор швидкості залишається незмінним, так як вона справедлива для будь-якого закону радіуса, оскільки нас цікавить направляючий вектор дотичної.

Підсумуючи, технологічний процес, який базується на такому технічному рішенні, дає змогу отримати потрібну модель ще на етапі моделювання виробу і запобігає інтерференції під час їх виготовлення. Це також дає можливість встановити конфігурацію спряжених криволінійних кінематичних поверхонь конструкції та особливості їх руху при роботі механізмах у військовій техніці та озброєнні.

Список використаних джерел:

1. Подкорытов А. Н. Исключение интерференции сопряженных поверхностей зубчатых передач. INTERNATIONAL CONGRES–GEAR TRANSMISSIONAL. Sofia–BULGARIA, 1995. С. 143–145.
2. Podkorytov A. Theoretical bases of conjugate quazihelical surfaces, excluding interference // 10th Intern. Conf. on Engineering Design Graphios and Descriptive Geometry. Texas, USA, Austin, 2002. Vol. 1. P. 43–47.
3. Подкоритов А. М., Ісмаїлова Н. П. Загальний ітераційний метод виключення інтерференції спряжених квазігвинтових поверхонь. Сучасні проблеми моделювання. Мелітополь. Мелітопольський держ. пед. ун-т. 2016. Вип. 5. С. 98–103. URL: <http://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/view/1488>.
4. Havrylenko Y., Kholodniak Y., Vershkov O., Naidysh A. Development of the method for the formation of one-dimensional contours by the assigned interpolation accuracy. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 1, Iss. 4(91). P. 76–82. URL: <http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/5375>.
5. Ismailova N., Bogach V., Lebedev B. Development of a technique for the geometrical modeling of conjugated surfaces when determining the geometrical parameters of an engagement surface contact in kinematic pairs. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Харків. Технологічний центр. 2020. 1/4(106), (106). P. 17–22. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/154191>.

Ісмаїлова Неллі Петрівна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної механіки факультету підготовки спеціалістів ракетно - артилерійського озброєння Військової академії (м. Одеса), м. Одеса, Фонтанська дорога 10, інд. 65009, Email: nelly969@ukr.net, ORCID.org/0000-0003-0181-4420.

Мікрюков Іван Станіславович – ад'юнкт науково-організаційного відділу Військової академії (м. Одеса), м. Одеса, Фонтанська дорога 10, інд. 65009, Email: ivan.mikriukov.777@gmail.com, ORCID.org/0009-0001-4303-4038.

Бикова Лариса Григорівна – ад'юнкт науково-організаційного відділу Військової академії (м. Одеса), м. Одеса, Фонтанська дорога 10, інд. 65009, Email: armagedon3283@ukr.net, ORCID.org/0000-0001-7360-0240.

Nelly Petrovna Ismailova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Engineering Mechanics, Faculty of Training of Specialists in Rocket and Artillery Armaments, Military Academy (Odessa), Odessa, Fontanska doroga 10, ind. 65009, Email: nelly969@ukr.net, ORCID.org/0000-0003-0181-4420.

Ivan Stanislavovich Mikryukov – Adjunct Professor of the Scientific and

Organizational Department of the Military Academy (Odessa), Odessa, Fontanskaya doroga 10, ind. 65009, Email: ivan.mikriukov.777@gmail.com, [ORCID.org/0009-0001-4303-4038](https://orcid.org/0009-0001-4303-4038).

Larisa Hryhorivna Bykova – *Adjunct Professor of the Scientific and Organizational Department of the Military Academy (Odessa), Odessa, Fontanska doroga 10, ind. 65009, Email: armagedon3283@ukr.net, [ORCID.org/0000-0001-7360-0240](https://orcid.org/0000-0001-7360-0240).*