

## ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТОРСОВИХ ПОВЕРХОНЬ

Розроблено геометричний метод автоматизованого проектування торсових поверхонь полиць, реалізований у вигляді обчислюваної програми TORS.

Ключові слова: математичне та програмне забезпечення, автоматизоване проектування, алгоритми і програми, комп'ютерне моделювання.

**Постановка проблеми.** В архітектурному будівництві міського середовища, в промисловому, цивільному і транспортному будівництві особливої актуальності набувають питання геометричного та комп'ютерного проектування поверхонь і агрегатів, що працюють у рухомому середовищі. Як правило це поверхні, що утворюються кінематичним способом, наприклад поверхні грейдерів та полиць, які застосовуються для обробки ґрунту при вертикальному плануванні рельєфів та автошляхів при архітектурному будівництві. Актуальною є задача розробки математичного та програмного забезпечення комп'ютерних програм автоматизованого проектування поверхонь знярядь для обробки ґрунту зі змінними параметрами, габаритами і профілем лобового контуру.

**Аналіз останніх досліджень.** У роботах [1], [3], [4] приведено теорію поверхонь полиць та форм профілю знярядь для обробки ґрунту, та методику проектування поверхонь, заданих у вигляді циліндроїдів чи торсів. Відомо [2], що поверхню торса можна отримати при зовнішній обкатці двох кривих  $d_1$  і  $d_2$  другого порядку, дотичною до цих кривих площиною  $\tau$ . Відповідні точки  $M_1$  і  $M_2$  кривих  $d_1$  і  $d_2$  мають паралельні дотичні. З'єднуючи відповідні точки, отримаємо прямолінійні твірні торсової поверхні. Торсові поверхні є розгортними поверхнями, які визначаються просторовим ребром звороту з дотичними до нього прямолінійними твірними. Також відомо [1], що при переміщенні полиці, рух частинок ґрунту по робочій поверхні полиці здійснюється вздовж цих прямолінійних твірних. Змінюючи просторове розташування твірних торса можна направлено варіювати траєкторію руху частинок ґрунту, а значить, при проектуванні робочих поверхонь полиць знаходити варіантні рішення. Тому, актуальною є задача розробки математичного та програмного забезпечення комп'ютерних програм проектування торсових поверхонь полиць зі змінними параметрами, габаритами і профілем лобового контуру, які б дали змогу задовольняти задані технічні та експлуатаційні вимоги.

**Формування мети статті.** Розробити математичне та програмне

забезпечення комп'ютерної програми TORS, автоматизованого проектування торсових поверхонь, на базі поширеного математичного пакету Mathcad. Основною метою реалізації програми TORS є: автоматизоване проектування та графічне моделювання фронтальних та горизонтальних проєкцій полиць; прямолінійних твірних торсових поверхонь; форм плоских напрямних кривих і лобового контуру; 3D зображень робочих поверхонь торсів. Це дасть можливість користувачам вирішувати інженерні задачі і отримувати необхідні графічні документи, засвоювати геометричні та комп'ютерні методи моделювання та варіювання форми профілю та параметрів полиць.

**Основна частина.** В практиці [1], поверхні полиць, як правило, задаються у вигляді циліндроїдів чи торсів.

На основі розробленого геометричного алгоритму автоматизованого проектування поверхонь полиць, заданих у вигляді кінематичних поверхонь циліндроїдів [4], пропонується автоматизований метод проектування поверхонь полиць, заданих у вигляді поверхонь торсів.

Задаються дві плоскі напрямні криві другого порядку  $d_1$  і  $d_2$  розташовані в горизонтально-проєктуючих площинах  $\delta_1$  та  $\delta_2$ , перпендикулярних до леза лемеша  $KL$ (рис. 1).с. 1)

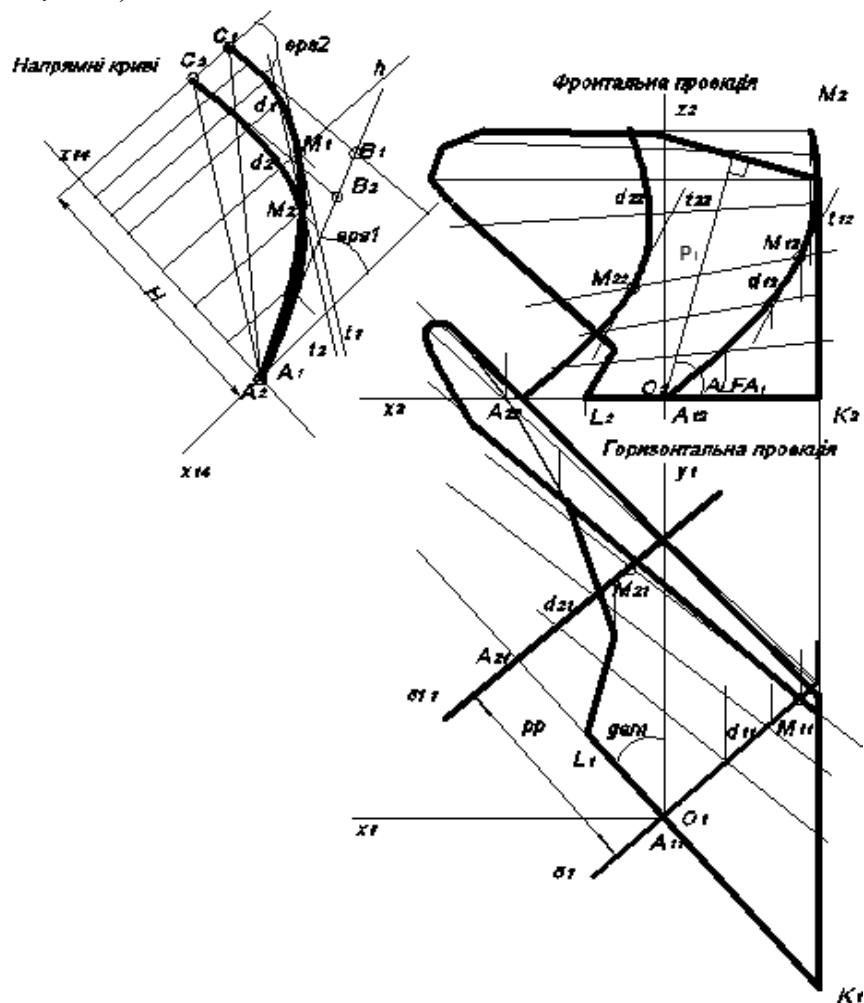


Рис.1. Геометрична модель проектування торсових поверхонь полиць

Поверхню торса отримаємо при зовнішній обкатці двох напрямних кривих  $d_1$  і  $d_2$  другого порядку, дотичною до цих кривих площиною. Відповідні точки  $M_1$  і  $M_2$  кривих мають паралельні дотичні  $t_1$  і  $t_2$ . З'єднуючи відповідні точки, отримаємо прямолінійні твірні торсової поверхні. Напрямні п'яти параметричні криві другого порядку задаємо в інженерному вигляді, вписаними в два опорні трикутники  $A_1B_1C_1$  і  $A_2B_2C_2$ . П'ятим параметром, може бути будь-які проміжні точки кривих, або задані проєктивні коефіцієнти  $g_1, g_2$ , що визначають вид напрямних кривих  $d_1$  і  $d_2$ : еліпс, якщо  $g > 0,25$ ; параболу ( $g = 0,25$ ); гіперболу ( $g < 0,25$ ).

Побудовані таким чином напрямні криві розташовуємо перпендикулярно лезу лемеша, на заданій відстані  $pp$  одна від другої. Лезо лемеша знаходиться в горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$ , під кутом  $gam$  до стінки борозни (вісі  $OY$ ).

Автоматизоване проєктування прямолінійних твірних поверхні торса здійснюємо за таким геометричним алгоритмом ( див. рис. 1).

1. Знаходимо масив проміжних точок  $M_1$  кривої  $d_1$ , як точок перетину горизонтальних площин  $h$  (заданих з певним кроком  $\Delta H$ ) з напрямною кривою  $d_1$ .

2. Визначаємо, в кожній точці  $M_1$ , значення кутових коефіцієнтів дотичних  $t_1$  до кривої  $d_1$ .

3. Знаходимо положення відповідних проміжних точок  $M_2$  кривої  $d_2$ , за умови рівності кутових коефіцієнтів паралельних дотичних  $t_1$  і  $t_2$ .

4. Визначаємо масив проміжних твірних торсової поверхні, як прямих, що проходять через відповідні токи  $M_1$  і  $M_2$  кривих  $d_1$  і  $d_2$  другого порядку.

5. Для того, щоб отримати робочу поверхню полиці необхідно задати лобовий контур у фронтальній проєкції. Форма лобового контуру задається довільно, за допомогою  $j$ -го числа обмежуючих прямих представлених у нормальному вигляді, тобто величиною відстані  $P_i$  від початку координат до  $i$ -тої прямої ( $i = 3 \dots j$ ), та кутом нахилу перпендикуляра  $ALFA_i$ . При перетині фронтально проєктуючих площин, що проходять через обмежуючі прямі лобового контура, з прямолінійними твірними торса, утворюється робоча поверхня полиці.

За заданим геометричним алгоритмом розроблено математичне та програмне забезпечення комп'ютерної програми TORS, автоматизованого проєктування торсових поверхонь, на базі математичного пакету Mathcad.

У результаті комп'ютерної реалізації програми TORS: здійснюється автоматизоване проєктування та графічне моделювання фронтальних та горизонтальних проєкцій полиць; визначаються прямолінійні твірні торсових поверхонь; задаються форми плоских напрямних кривих і лобового контуру; відтворюються 3D зображення робочих поверхонь торсів. Відповідно, вся

вихідна та розрахункова інформація про масиви точок видається у графічному та табличному вигляді.

На рисунку 2 представлено приклад графічної реалізації програми TORS. В цьому тестовому прикладі, у якості двох напрямних кривих  $d_1$  і  $d_2$  торса задані дві параболи ( $g=0,25$ ), перпендикулярні до леза лемеша  $KL$  ( $gam=45^\circ$ ).

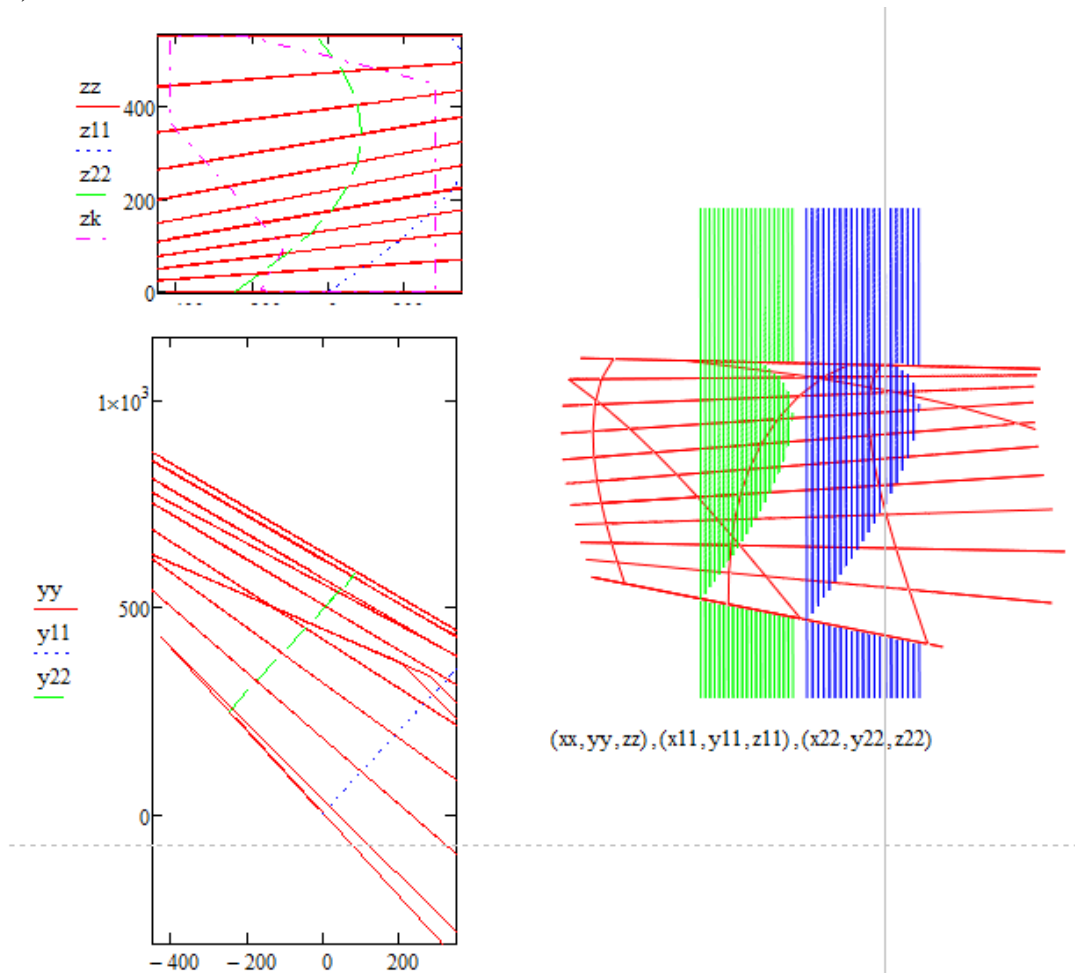


Рис. 2. Проекції торсової поверхні полиці

На рисунку 2 визначені фронтальні, горизонтальні та аксонометричні проекції прямолинійних твірних, двох напрямних парабол, та лобовий контур (на фронтальній проекції обмежений штрих-пунктирними прямими, в 3D зображенні обмежений ділянками просторових кривих).

**Висновок.** Використовуючи задану методику автоматизованого проектування торсових поверхонь полиць та розроблену комп'ютерну програму TORS, можна змінювати вихідні параметри, варіювати та досліджувати форму робочих поверхонь полиць, а також отримувати в чисельному чи графічному вигляді необхідну для пошуку варіантних рішень інформацію. Крім того, запропонований метод є геометричною основою розробки користувачами алгоритмів і програм автоматизованого

проектування робочих поверхонь полиць, що дозволить отримувати варіантні рішення поставлених задач.

### Список використаних джерел

1. *Гячев Л.В.* Теория лемешно-отвальной поверхности // Труды Азово-черноморского института механизации сельского хозяйства. Вип.13.- Зерноград 1961. -317с.
2. *Драганов Б.Х., Круглов М.Г., Обухова В.С.* Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания. – К.: Вища шк., 1987. - 175 с.
3. *Обухова В.С.* Усовершенствованная модель для автоматизированного проектирования торсовых отвальных поверхностей // Прикладная геометрия и инженерная графика. Республиканский межведомственный научно-технический сборник: – К.: БУДІВЕЛЬНИК, 1981. – Вип. 32. - С. 13 – 16.
4. *Василевський О.В.* Комп'ютерне моделювання технічних поверхонь // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомчий науково – технічний збірник: – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 87. - С. 106 – 110.

### Аннотация

Разработан геометрический метод автоматизированного проектирования торсовых поверхностей отвалов, реализованный в виде вычислительной программы TORS.

Ключевые слова: математическое и программное обеспечение, автоматизированное проектирование, алгоритмы и программы, компьютерное моделирование.

### Annotation

The geometrical method of the automated designing of torsos surfaces of the ploughs is developed and realised in the form of the computing program of TORS.

Key words: mathematical and programmatic providing, automated planning, algorithms and programs, computer design.