

УДК 514.18

КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЗМІШУВАЧІВ РІДИН

COMPUTER-AIDED DESIGN OF LIQUID MIXERS

П. М. Яблонський, канд. техн. наук,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

О. О. Вершков, канд. техн. наук, **О. Ю. Михайленко**, **М. В. Супрун**
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

***Анотація.** Ефективність сільськогосподарського виробництва безпосередньо корелює з якісним станом ґрунтів, зокрема їхньою родючістю. Останнім часом зафіксовано тенденцію до деградації орного шару через виснаження запасів гумусу. Для запобігання втраті продуктивності земель та відновлення структури ґрунту критично важливим є застосування органічних добрив, зокрема компосту – багатокомпонентної суміші, що утворюється в процесі біологічного розкладання. Процес збагачення ґрунтів поживними розчинами реалізується за допомогою спеціалізованих агрегатів, оснащених механізмами для попереднього перемішування активних речовин. У даному дослідженні проведено аналітичний огляд конструктивних рішень сучасних механічних змішувачів та ідентифіковано їхні функціональні недоліки. Використовуючи розрахункову схему для встановлення координат точок згущення дискретно представлених кривих (ДПК), розроблено математичний алгоритм згущення на базі методу серединних перпендикулярів. Запропонована процедура включає такі етапи: обчислення величин кутів суміжності; визначення лінійних параметрів ланок базової супроводжувачої ламаної лінії (СЛЛ); розрахунок вертикального відхилення (перевищення) точок згущення щодо відповідних хорд; обчислення просторових координат точок згущення.*

***Ключові слова:** меліоративні заходи, збагачення ґрунтів, пристрій для змішування рідин, дискретно представлена крива (ДПК), супроводжувача ламана лінія (СЛЛ), кут суміжності.*

Вступ

На ефективність врожайності безпосередньо впливають численні умови, основним з яких є родючість ґрунту. Наразі спостерігається зниження рівня гумусу в орному шарі ґрунту. Ця тенденція загрожує зробити ґрунт непродуктивним; тому інтеграція органічних добрив є важливою для забезпечення високої врожайності сільськогосподарських культур та збереження цілісності оброблюваних площ. Ці органічні поживні речовини вносяться у вигляді складної суміші розкладених матеріалів, яку зазвичай називають компостом.

Рідкі мінеральні добрива мають низку переваг:

- висока ефективність внесення в будь-яких кліматичних зонах, включаючи посушливі;
- забезпечується висока рівномірність внесення поживних речовин;
- зменшуються втрати;
- не містять шкідливих домішок та повністю відповідають підвищеним екологічним вимогам;
- при внесенні забезпечують негайну доставку поживних речовин до насіння;
- зменшення витрат на транспортування, розвантаження, зберігання та внесення на 25–30% порівняно з гранульованими комплексними добривами;
- повна механізація процесу.

Збагачення продуктивних ґрунтів багатими на поживні речовини розчинами здійснюється за допомогою спеціалізованої техніки, оснащеної механічними компонентами для гомогенізації цих рідин перед розподілом на полі.

Під час проведення меліорації, спрямованої на хімічну та водну регенерацію ґрунтів, особливе значення має обладнання для підготовки робочих сумішей безпосередньо перед їхнім внесенням. Ключовим елементом такої техніки є змішувач, що забезпечує інтенсивне розчинення та рівномірний розподіл технологічних добавок у рідкому середовищі. Тому, обґрунтування конфігурації механічних змішувачів є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень

Змішувальні установки (рис. 1) дозволяють насичувати базові розчини необхідними реагентами та виконувати гомогенізацію – створення стабільної однорідної структури для речовин із різними показниками в'язкості. Це є критичним фактором, оскільки поживні концентрати часто мають фізико-хімічні властивості, що суттєво відрізняються від характеристик основної рідини [1, 2].

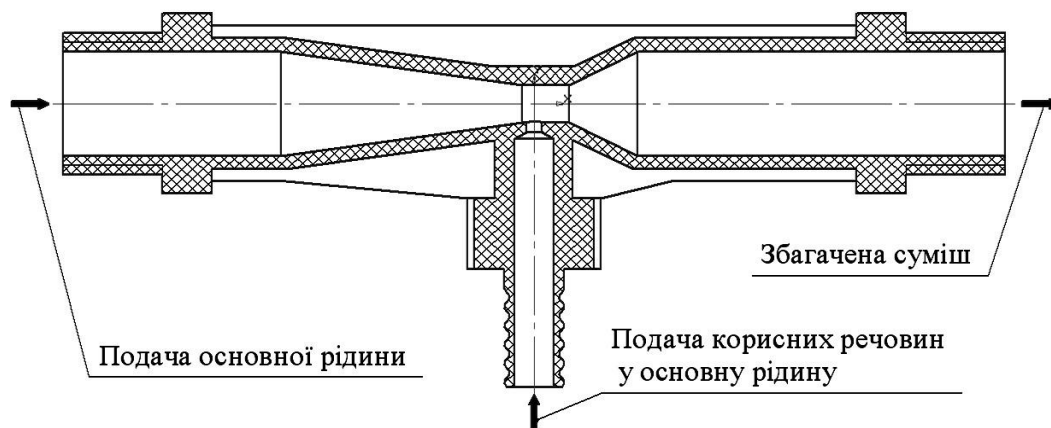


Рисунок 1 – Загальна конструктивна схема змішувача рідин

Проте через неоднорідність фізичних властивостей та в'язкості компонентів виникає потреба у безперервній корекції прохідних отворів кранів задля досягнення високої якості змішування. Окрім того, використання зустрічних конічних поверхонь без радіусних переходів у місцях з'єднання не забезпечує необхідного зростання тиску на вході та ефективної гомогенізації суміші на виході. Оптимальним рішенням є перетин, утворений двома конічними поверхнями з плавним радіусним спряженням у точці стику.

Зазначені недоліки усуваються шляхом заміни лінійних твірних конусів на поверхні обертання, що описуються дискретним масивом точок. Використання криволінійних контурів для внутрішнього перетину змішувача дозволяє [3, 4] реалізувати прогнозований та технологічно вірний процес підготовки розчинів для меліорації.

З огляду на це, постає завдання розробити методику геометричного моделювання робочих зон змішувачів, яка б забезпечувала точну візуалізацію гідродинамічних потоків і мінімізувала гідравлічний опір.

Основний матеріал дослідження

Найбільш раціональним технічним рішенням для конструкцій такого типу є формування внутрішнього криволінійного профілю через згущення дискретної множини точок із застосуванням методу серединних перпендикулярів [5, 6].

На рис. 2 зображено концептуальну схему внутрішнього профілю, що містить три криволінійні сегменти: дві опуклі ділянки поєднуються однією увігнутою з фіксованими точками переходу. Кожен сегмент описується дискретним набором опорних вузлів, які ми надалі визначатимемо як дискретно представлену криву (ДПК). Для наочності на схемі

використано мінімальну кількість таких вузлів. Варто додати, що точки спряження (рис. 1, 2) у цій моделі ідентифікуються як точки переходу.

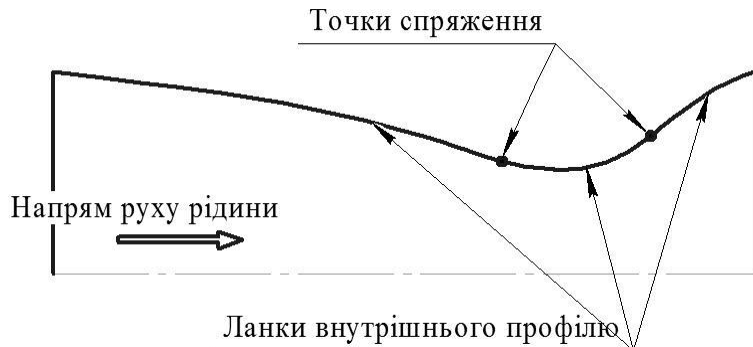


Рисунок 2 – Принципова схема формування внутрішнього контуру змішувача.

Проте традиційні алгоритми розрахунку ДПК для функціональних поверхонь [7] часто не відповідають вимогам сучасних верстатів із ЧПК (числовим програмним керуванням), оскільки щільність розрахованих точок профілю є недостатньою для прецизійного виготовлення деталей.

Для вирішення цієї проблеми використано розрахункову модель згущення ДПК методом серединних перпендикулярів (рис. 3).

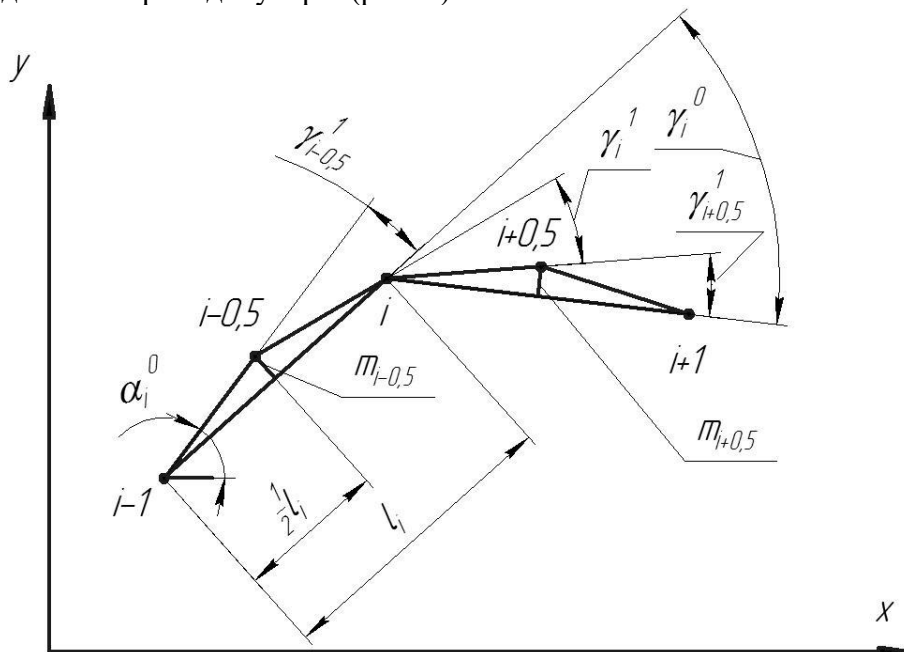


Рисунок 3 – Розрахункова схема обчислення координат додаткових точок ДПК за допомогою серединних перпендикулярів

Супроводжуюча ламана лінія (СЛЛ) надає можливість контролювати параметри контуру внутрішньої порожнини форсунки до моменту досягнення встановленої умови, коли $\varepsilon \geq 0$ — тобто до довільно малого, заздалегідь визначеного значення.

Для розв'язання поставленої проблеми пропонується методика дискретної інтерполяції неоднозначних дискретно представлених кривих (ДПК), що базується на використанні кутів суміжності. На рис. 4 зображено профіль внутрішньої робочої поверхні змішувача рідин, який було спроектовано згідно із запропонованим у дослідженні підходом.

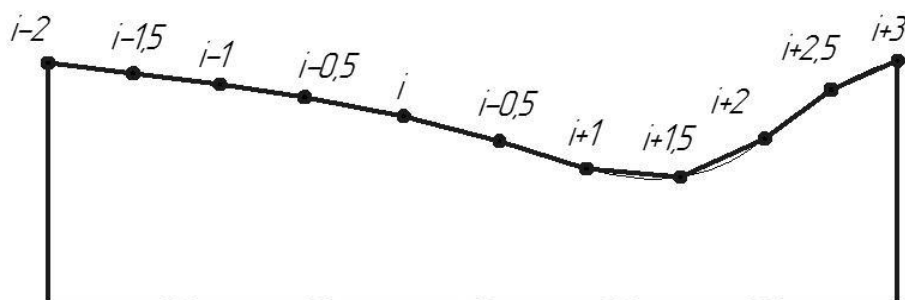


Рисунок 4 – Розрахований профіль внутрішньої поверхні змішувача рідин

Спираючись на розрахункову модель обчислення координат точок згущення ДПК методом серединних перпендикулярів (рис. 4), розроблено базовий алгоритм ущільнення точок ДПК, що складається з таких кроків:

- виконується розрахунок величин кутів суміжності;
- обчислюються лінійні розміри ланок початкової СЛЛ;
- визначаються параметри перевищення нових точок згущення над відповідними хордами;
- встановлюються точні координати точок згущення.

Висновки

В результаті проведених досліджень спираючись на розрахункову модель обчислення координат точок згущення ДПК методом серединних перпендикулярів, розроблено базовий алгоритм ущільнення точок ДПК, що складається з таких кроків:

- виконується розрахунок величин кутів суміжності;
- обчислюються лінійні розміри ланок початкової СЛЛ;
- визначаються параметри перевищення нових точок згущення над відповідними хордами;
- встановлюються точні координати точок згущення.

Подальшим вектором досліджень, представлених у цій роботі, стане створення спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизованого проектування робочих поверхонь змішувачів у середовищах CAD-систем, таких як AutoCAD та SolidWorks.

Література

1. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основи техніки розпилювання рідин. К. Наука, 2018. 220с.
2. Вітман Л.А., Кацнельсон Б.Д., Палеев І.І., Вітман Л.А. Розпилювання рідин форсунками. Київ, Вид-во «Либідь», 2012.
3. Мацулевич О.Є., Щербина В.М., Залевський С.В. Автоматизація процесу геометричного моделювання робочих поверхонь насадок для фонтанів. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2019. Вип. 8. Т. 1. С. 55-68.
4. Мацулевич О. Є., Зінов'єва О. Г. Розв'язання задач аналізу тренд-сезонних часових рядів. *Праці ТДАТУ*, 2019. Вип. 19. Т. 2. С. 264–270.
5. Щербина В.М. Моделювання спіралеоподібних дискретно представлених кривих [Текст]: Дис... канд. техн. наук: 05.01.01 - прикладна геометрія, інженерна графіка. Мелітополь: ТГАТА., 2003. 139 с.
6. Верещага В.М. Дискретно-параметричний метод геометричного моделювання кривих ліній та поверхонь [Текст]: Дисс... д-ра техн. наук: 05.01.01 - прикладна геометрія, інженерна графіка. Мелітополь: ТГАТА, 1996. 320 с.
7. Alrefo, I.F., Matsulevych, O., Vershkov, O., Halko, S., Suprun, O., Miroshnyk, O. Designing the working surfaces of rotary planetary mechanisms. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2023. 4. 82–88. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/082>.

Computer-aided Design of Liquid Mixers

P. Yablonskyi

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

O. Vershkov, O. Mykhaylenko, M. Suprun

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

Summary

The yield efficiency is directly influenced by numerous conditions, with soil fertility being a primary determinant. At present, a decline in humus levels within the topsoil is being observed. This trajectory threatens to render the soil unproductive; therefore, the integration of organic fertilizers is essential for securing high crop yields and maintaining the integrity of cultivated areas. These organic nutrients are introduced as a complex blend of decomposed materials, commonly referred to as compost.

Liquid mineral fertilisers have a number of advantages: high efficiency of application in any climatic zones, including arid ones; high uniformity of nutrient application is ensured; losses are reduced; does not contain harmful impurities and fully complies with increased environmental requirements; when applied, it ensures immediate delivery of nutrients to the seeds; reduction of transportation, unloading, storage and application costs by 25–30% compared to granulated complex fertilisers; full mechanisation of the process.

The enrichment of productive soils with nutrient-rich solutions is performed using specialized machinery equipped with mechanical components for homogenizing these fluids prior to field distribution.

This study evaluates current mechanical mixer configurations and highlights specific structural limitations within existing designs. Utilizing a computational framework for identifying the coordinates of Discrete Point Curve (DPC) densification points, a refinement algorithm based on the method of perpendicular bisectors (median perpendiculars) is introduced.

For these types of mixer architectures, the most effective engineering approach involves generating an internal curvilinear geometry. This is achieved by densifying a discretely defined set of profile points using the perpendicular bisector methodology.

The proposed procedure consists of the following steps: calculation of the adjacency (contiguity) angles; determination of the segment lengths for the primary Accompanying Broken Line (SLL); calculation of the vertical offsets (elevations) of the new densification points relative to their respective chords; establishment of the precise spatial coordinates for the densification points.

The subsequent phase of this research will focus on creating specialized software tools to automate the design of these mixer working surfaces within CAD environments such as AutoCAD and SolidWorks.

Keywords: *land reclamation works, fertile soil saturation, liquid mixer, discretely represented curve (DRC), accompanying broken line (ABL), angle of adjacency.*