



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»



МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕНОСУ СКАЛЯРНИХ ПОЛІВ ПІД ДІЄЮ СТІКЕРІВ

Виконала: Студентка ТР-61м,
Цопа К.С.

Керівник: проф. д.ф.-м.н. Гуржій О.А.

1. Вступ



Рис 1. Приклад перемішування рідин в харчовій промисловості



Рис 2. Міксери, що використовуються в харчовій промисловості

1. Вступ

Мета дослідження полягає в розробці засобів моделювання процесів перемішування пасивних домішок в коловій порожнині з системою стікерів з використанням інформації про періодичність та інтенсивність обертання стікерів та створенні прикладних програм моделювання процесів перемішування пасивних домішок у системі зі стікерами.

Об'єктом дослідження є інформаційні технології моделювання процесу перемішування пасивних домішок.

Предметом дослідження є інформаційні технології моделювання процесу перемішування пасивних домішок за допомогою системи стікерів в колі.

2. Математична модель

- Постановка задачі

$$\Delta\Delta\psi = 0 \quad (1)$$

- Граничні умови

$$\psi(R, \theta) = 0, \quad \frac{\partial\psi}{\partial r} = 0 \text{ при } r = R \quad (2)$$

- Функція току

$$u_r = \frac{1}{r} \frac{\partial\psi}{\partial\theta}, \quad u_l = -\frac{\partial\psi}{\partial r} \quad (3)$$

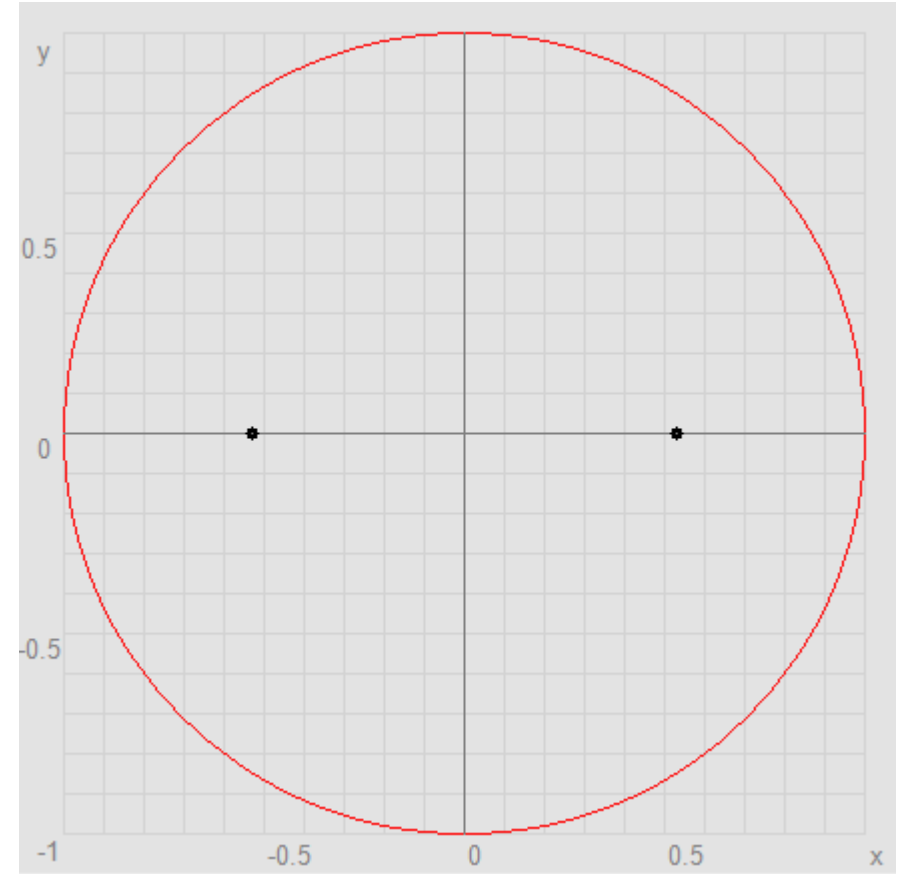


Рис 3. Геометрія задачі

2. Математична модель

- Розв'язок

$$\psi_r(r, \theta) = \frac{\sigma_r}{2} \left[\ln \frac{r^2 - 2b_0 r \cos \theta + b_0^2}{a^2 - 2b_0 r \cos \theta + b_0^2 r^2 / a^2} + \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right) \frac{a^2 - b_0^2 r^2 / a^2}{a^2 - 2b_0 r \cos \theta + b_0^2 r^2 / a^2} \right] \quad (4)$$

$$\psi_l(r, \theta) = \frac{\sigma_l}{2} \left[\ln \frac{r^2 + 2b_0 r \cos \theta + b_0^2}{a^2 + 2b_0 r \cos \theta + b_0^2 r^2 / a^2} + \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right) \frac{a^2 - b_0^2 r^2 / a^2}{a^2 + 2b_0 r \cos \theta + b_0^2 r^2 / a^2} \right] \quad (5)$$

- Рівняння адвекції

$$\frac{\partial r}{\partial t} = u_r(r, \theta, t) \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} = u_\theta(r, \theta, t) \quad (6)$$

- Початкові умови

$$r(0) = r_0 \quad \theta(0) = \theta_0 \quad (7)$$

3. Фазова траєкторія

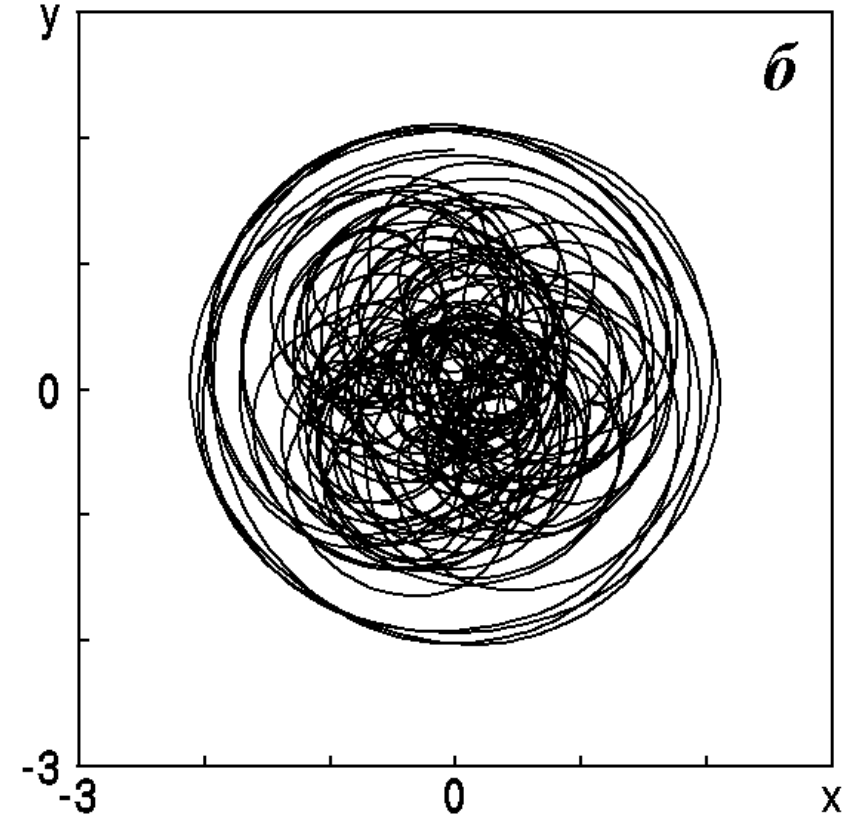
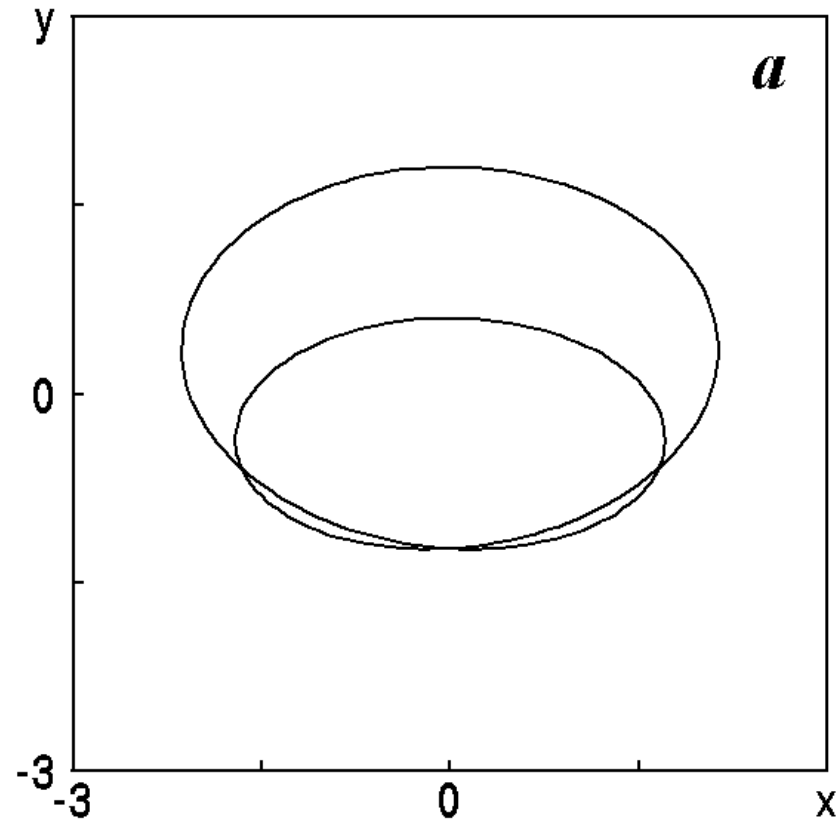


Рис.4. Регулярна (а) и хаотична (б) фазова траєкторія

3. Перетин Пуанкаре

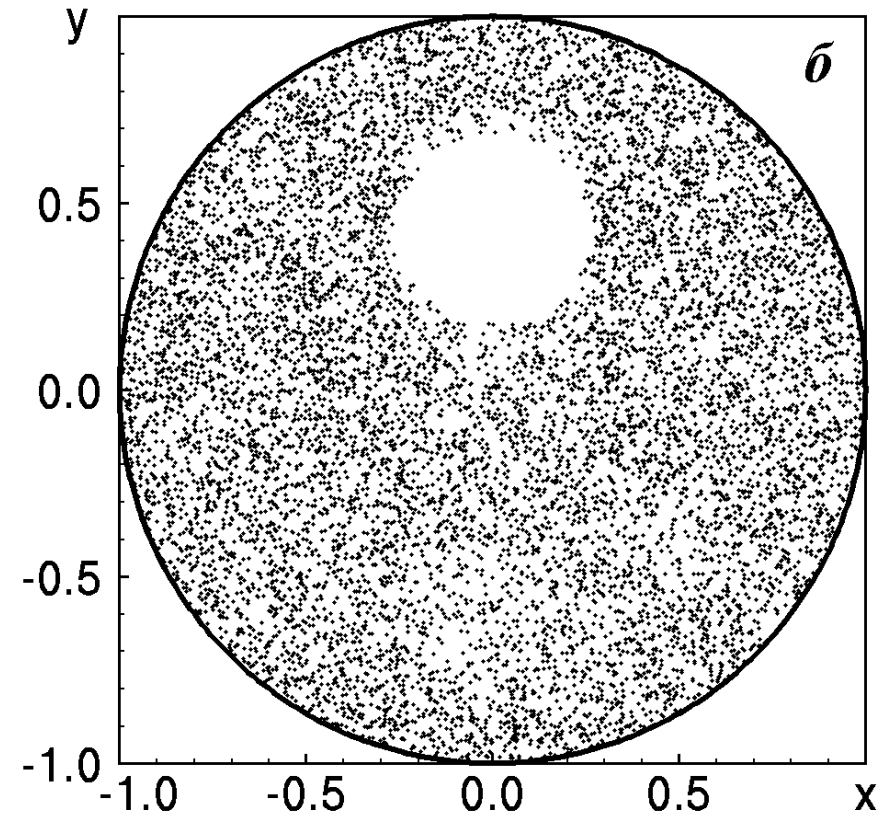
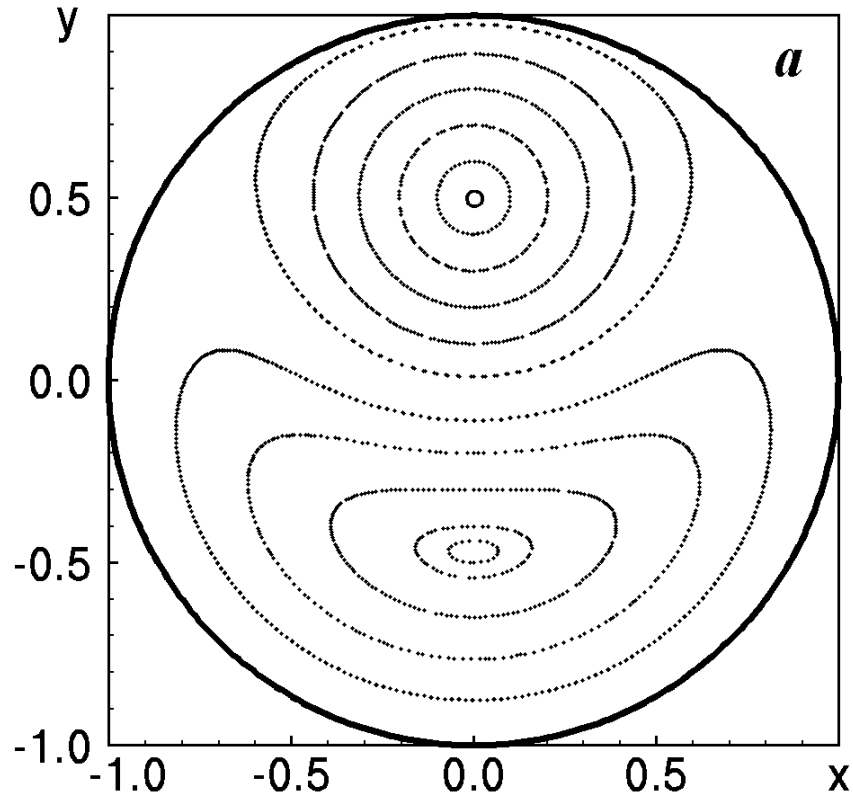


Рис.5. Регулярний (а) и хаотичний (б) переріз Пуанкаре

3. Найбільший показник Ляпунова

$$\Lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \ln \frac{|\varepsilon(t)|}{|\varepsilon_0|}$$

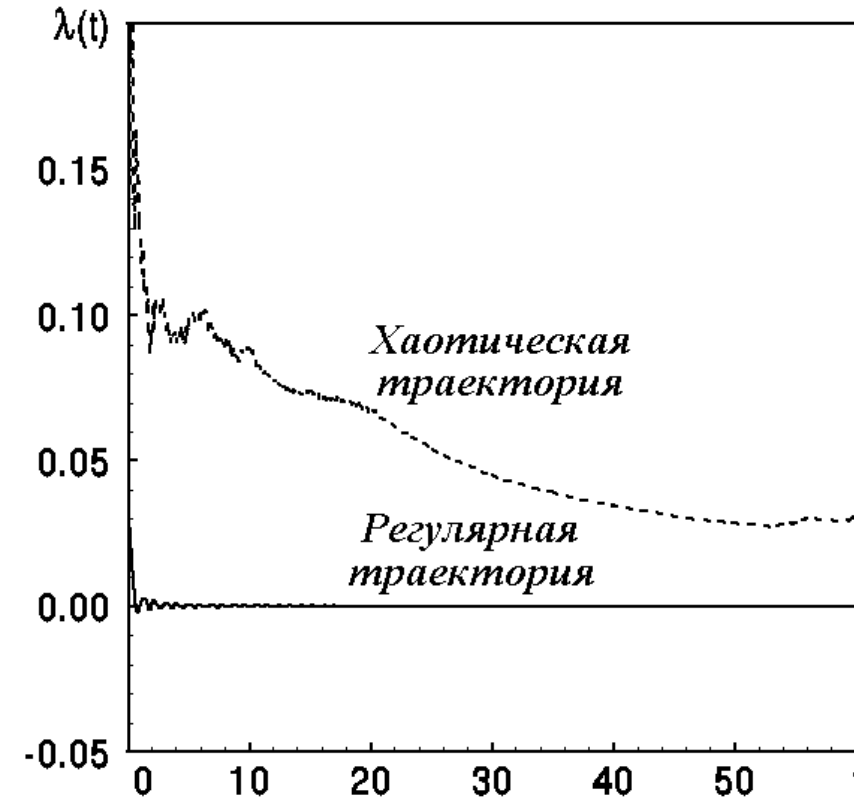


Рис.6. Найбільший показник Ляпунова (а) хаотичної (б) регулярної траєкторії

3. Різноманітні випадки інтерполяції контуру плями

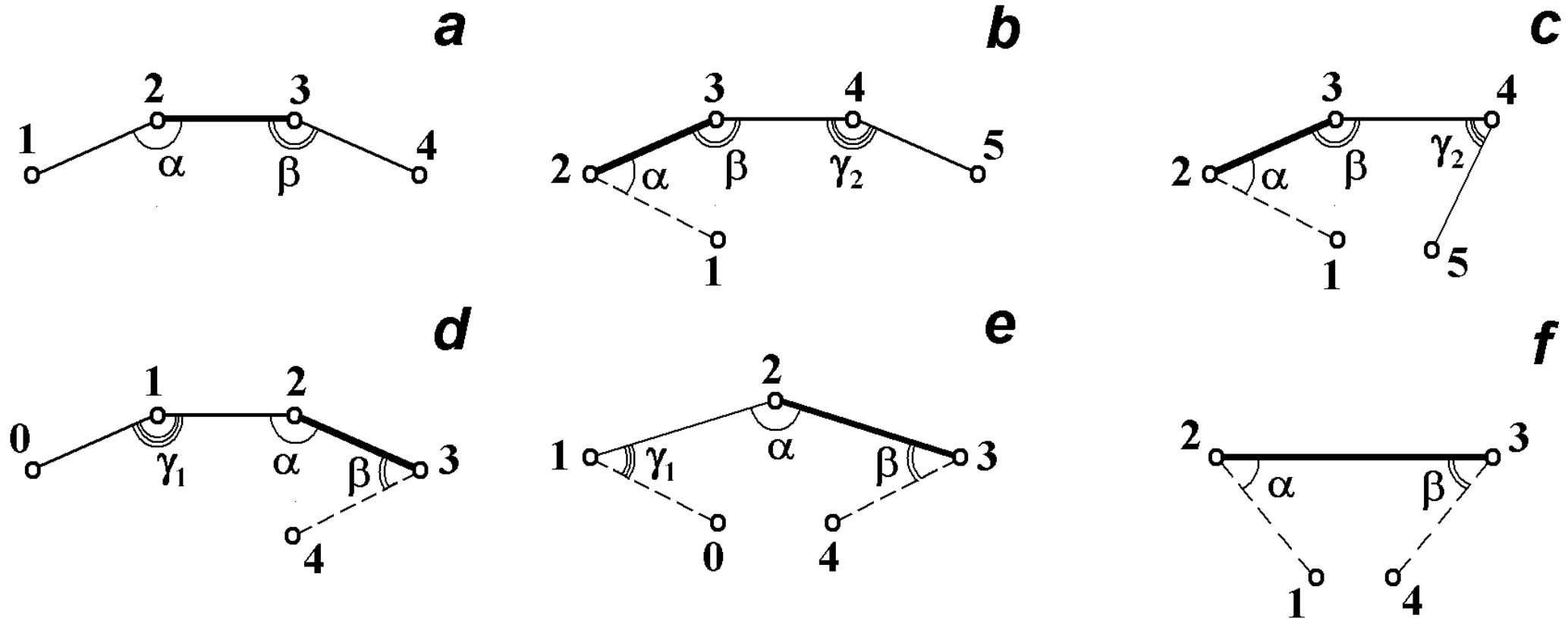


Рис.7. Різноманітні випадки інтерполяції контуру плями

3. Пакет прикладних програм

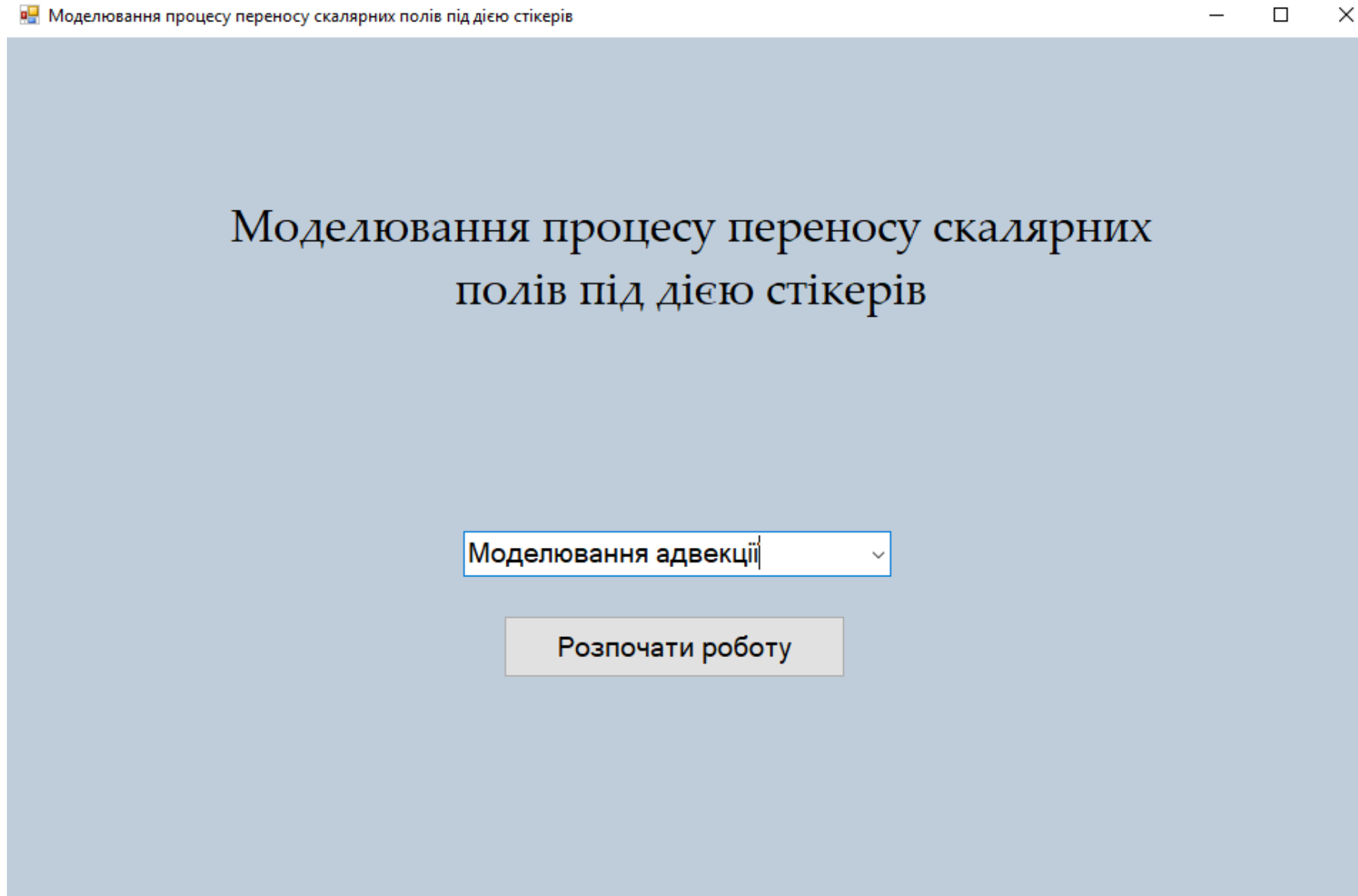


Рис 8. Інтерфейс прикладної програми

4. Результати

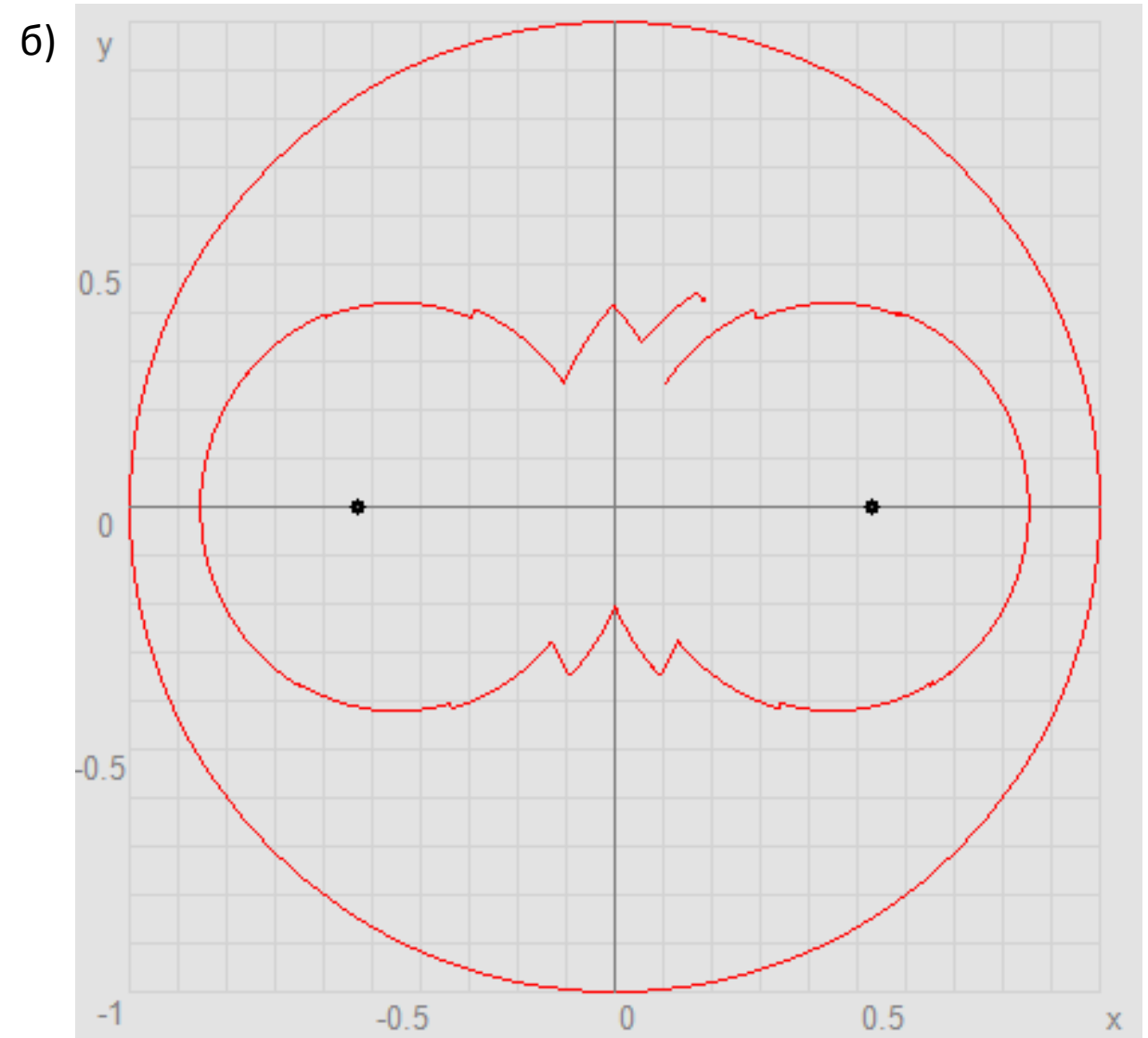
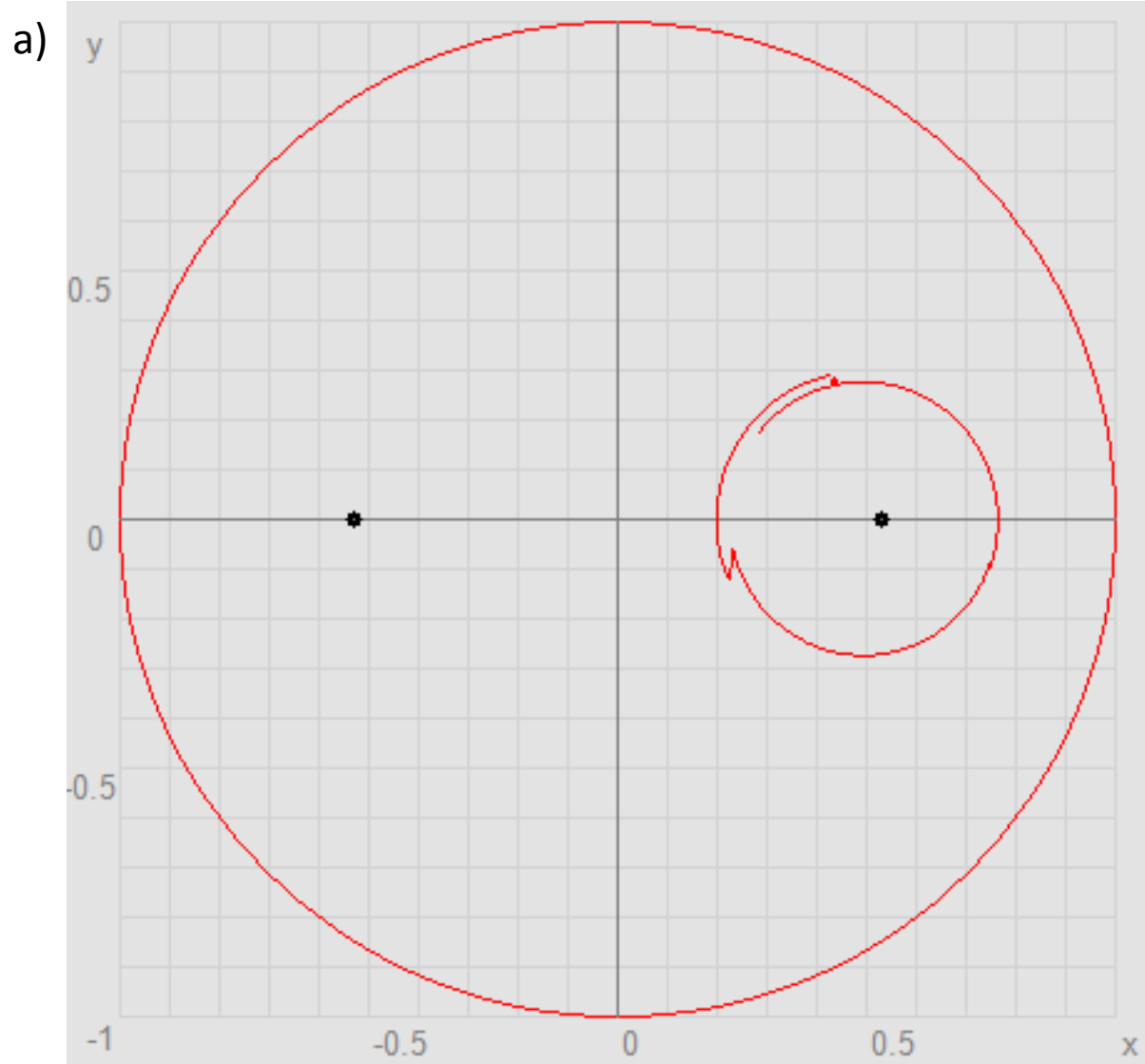
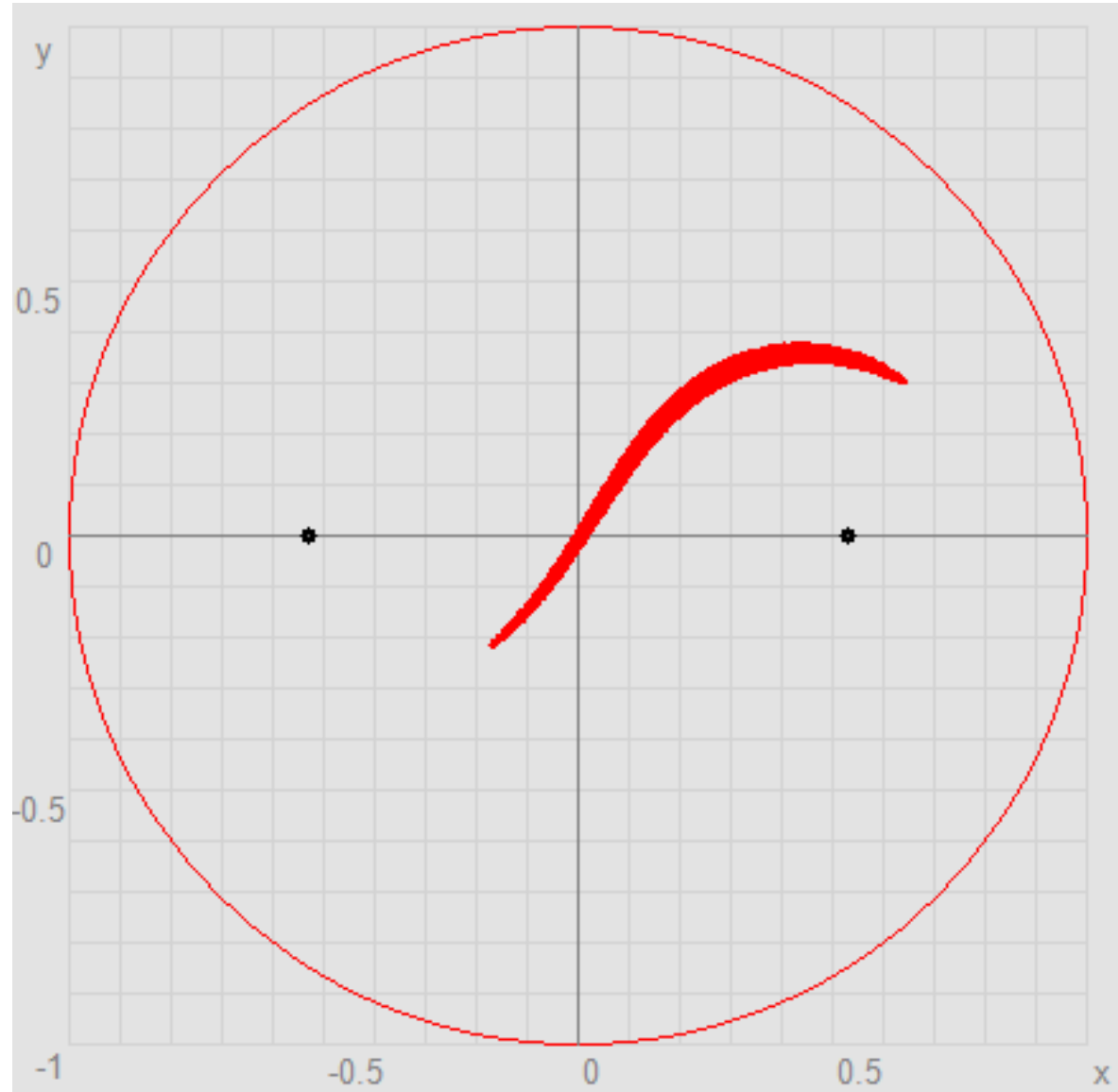


Рис 9. Траекторія руху рідких частинок а) $x=0.29$ $y=0.18$; б) $x=0.1$ $y=0.27$

4. Результати

а)



б)

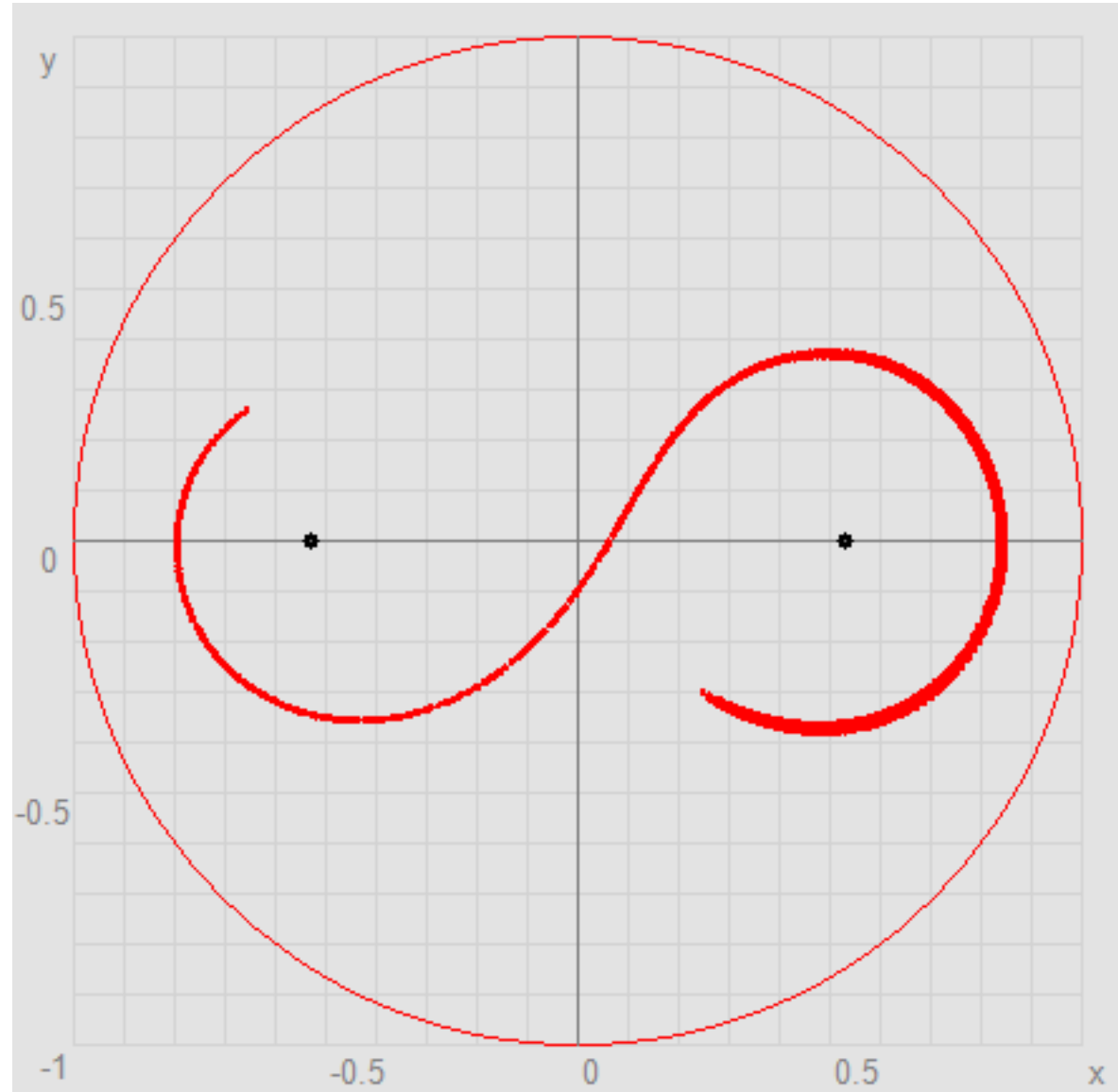


Рис 10. Приклад адвекції плями в полі швидкості двох ротлетів: а) $t=T$; б) $t=2T$;

5. Висновки

- Удосконалена модель побудови контуру виділеної рідини за рахунок вдосконалення алгоритму інтерполяції контуру виділеної рідини на основі послідовності маркерів маркерів, що розташовані на контурі, що призвело до отримання більш точних результатів деформації нерозривного контуру виділеної рідини з плином часу;
- Розроблений пакет прикладних програм, направлений на моделювання процесів переносу всередині рідини в полі швидкості двох стікерів. Програма надає користувачу можливість змінювати параметри моделювання та забезпечує візуалізацію процесів адвекції.

Дякую за увагу