

УДК 631.362.3

## ОБҐРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ У ГВИНТОВОМУ КАНАЛІ ПОВІТРЯНО-ШНЕКОВОГО СЕПАРАТОРА

Гаєк Є.А., к.т.н., доц., Тарасенко А.О.

*Державний біотехнологічний університет*

Для здійснення процесу сепарування необхідно отримати нові знання про швидкість повітряного потоку, траєкторію руху різних частинок у гвинтовому каналі. Для розрахунків приймається, що газ є стислим, його перебіг можна описати системою диференціальних рівнянь Нав'є-Стокса, наведених до координат декартової системи координат (1):

$$\begin{aligned} \frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_x}{\partial z} &= F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \eta \Delta V_x, \\ \frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_y}{\partial z} &= F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \eta \Delta V_y, \\ \frac{\partial V_z}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_z}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_z}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} &= F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \eta \Delta V_z, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $V$  – швидкість газу, м/с;  $t$  – час, с;  $F$  – зовнішня питома (припадає на одиницю маси) сила, Н;  $P$  – тиск, Па;  $\eta$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup>/с;  $\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;  $\Delta$  – оператор Лапласа.

Коефіцієнти в'язкості залежать від температури та для рідини, як правило, визначаються експериментально, а для газу виводяться з теорії газів.

Сутність диференціальних рівнянь Нав'є-Стокса така, що їм неможливо отримати аналітичне рішення. Єдиним доступним методом буде пошук наближеного значення. Для цього диференціальні рівняння апроксимуються певною системою рівнянь алгебри. Далі ці рівняння можна вирішити з допомогою обчислювальних можливостей ЕОМ.

Рівняння Нав'є-Стокса використовуються вивчення ламінарних потоків.

Зі збільшенням швидкості повітряного потоку та ускладненням форми аспіраційного каналу перебіг повітряного потоку стає турбулентним. Для повітряшнекового сепаратора протягом повітряного потоку прийнято переважно ламінарним. За допомогою рівнянь Нав'є-Стокса можна описати перебіг турбулентних потоків, для цього всі змінні ( $u$ ,  $p$ ,  $v$  и  $t$ ) видаються як миттєвих величин. Миттєва величина має на увазі під собою суму посередньої та пульсаційної складової:

$$\varphi = \bar{\varphi} + \dot{\varphi}, \quad (2)$$

де  $\varphi$  – миттєве значення параметра;

$\bar{\varphi}$  – середня складова;

$\dot{\varphi}$  – пульсаційна складова.

Якщо підставити миттєві значення параметрів у рівняння Нав'є-Стокса і при цьому провести середнє за часом, то ми отримаємо такі вирази:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(pV_i) = 0, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho V_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho V_i V_j) = \\ = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial V_l}{\partial x_l} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{V_i V_j}). \end{aligned} \quad (4)$$

У подальших розрахунках використовуватиметься  $k-\varepsilon$  модель турбулентності як найбільш підходяща для цієї симуляції.

На основі даної моделі визначено залежність швидкості руху бур'янів від часу руху (рис. 1, рис 2).

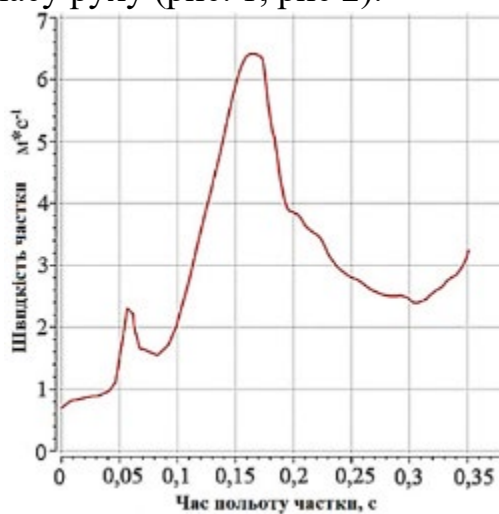


Рисунок 1. – Залежність швидкості руху частки від часу руху

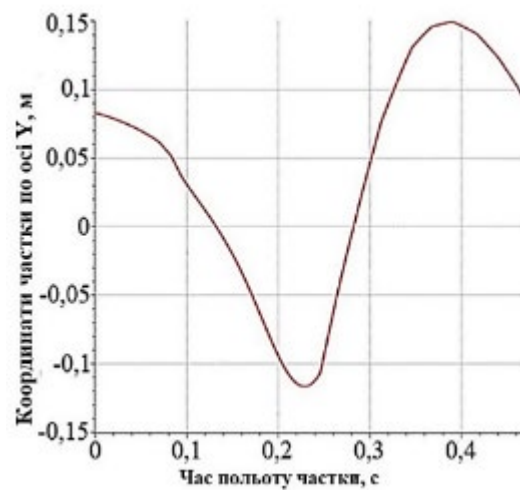


Рисунок 2. – Залежність розташування частки по координатній осі Y до часу

Режим роботи сепаратора, при якому дані частинки видаляються повітряним потоком, є раціональним, тому що при такому режимі роботи видаляються бур'яни, для яких швидкість витання нижче швидкості витання битого зерна. Встановлено, що бур'яни відносяться повітряним потоком при швидкості повітряного потоку  $7,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , при цьому цільне зерно залишається в сепараторі.

Як видно з рисунка, швидкість частки значно змінюється в період польоту траєкторією руху. Найбільш висока швидкість руху частинки  $6,4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  відповідає моменту, коли напрямок руху частинки збігається з вектором сили тяжіння. Мінімальна швидкість руху частинки дорівнює  $0,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , що відповідає швидкості надходження частки корпус сепаратора.

Для наочного уявлення було складено графік залежності розташування частки координатної осі Y до часу (рис. 2). За нуль по осі Y була прийнята вісь шнека. Верхні та нижні значення по осі Y відповідають стінкам сепаратора.

Частка за 2,3 секунд досягає нижньої точки, при цьому вона стосується стінки сепаратора. Далі за 0,15 секунди частка досягає верхньої точки, після чого знову спрямовується вниз.

### Список використаних джерел:

1. Харченко С.О. Напрямок в розробці агротехнологій блочно-варіантних систем для господарств різних технологічних рівнів / С.О. Харченко, О.І. Анікеєв, М.О. Циганенко, О.Д. Калюжний, Г.В. Рудницька, В.В. Качанов, О.М. Красноруцький, С.А. Чигрина, К.Г. Сировицький, Є.А. Гаєк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Вип. 156, – 2015. с. 174-179.
2. Харченко С.О. Польові дослідження борони-луцильника Дука-4 з стійками кріплення дисків різної жорсткості / С.О. Харченко, О.І. Анікеєв, М.О. Циганенко, Р.В. Антощенков, В.В. Качанов, О.Д. Калюжний, Є.А. Гаєк, Г.В. Сорокотяга // Інженерія природокористування, № 1, – 2017. с. 58-62.
3. Експлуатація та сервіс техніки. Частина І. Трактори. Навчальний посібник. / С.О. Харченко, О.В. Адамчук, О.І. Анікеєв, К.Г. Сировицький, Є.А. Гаєк, І.С. Тищенко, Д.О. Харченко. За ред. С.О. Харченка. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. - 140 с.
4. Гаєк Є. А. Підвищення ефективності роботи зерноочисної техніки від шкідливого впливу дисперсного пилу //Науковий журнал «Інженерія природокористування». – 2020. – №. 3 (17). – С. 53-57.
5. Харченко С. А., Гаєк Е. А. К построению математической модели динамики запылённого воздушного потока в зоне доочистителя разработанного прямооточного циклона. – 2015.
6. Гаєк Е. А. Алгоритм математического моделирования частиц дисперсной фазы запылённого воздушного потока в разработанном циклоне зерновых сепараторов //MOTROL. Lublin: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2016. – Т. 18. – №. 7. – С. 79-83.
7. Гаєк Е. А. Сравнительный анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований в разработанном циклоне аспирационных систем зерноочистительных машин //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №. 157. – С. 203-208.
8. Гаєк Е. А. Оптимизация конструктивно-технологических параметров разработанного циклона аспирационных систем зерноочистительных машин. – 2015.
9. Харченко С.О., Артёмов М.П., Гаєк Є.А., Бажинова Т.О., Ліньов А.О. Ковалишин С.Й. Ідентифікація енерговитрат зернових пневмосепараторів / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. -2021. № 23 - С. 234 – 240.