

УДК 303.22:[633.1+633.3]

ПРИСТРІЙ ТА МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ ПЛАСТИФІКОВАНОЇ КОРМОСУМІШІ

В. В. Братішко, канд. техн. наук — *ННЦ «ІМЕСГ»*

В статті запропоновано методику визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші та схему конструкції приладу для її визначення. В основу пропонованої конструкції приладу покладено принцип роботи віскозиметрів ротаційного типу.

Ключові слова: *віскозиметр, в'язкість, гранулювання, кормосуміш, метод, прилад.*

Проблема. Проведені теоретичні дослідження процесу роботи грануляторів кормів гвинтового типу [1, 2 та ін.] дозволили з'ясувати, що основним показником, який характеризує фізико-механічні властивості кормової сировини в процесі її гранулювання, є в'язкість пластифікованої кормосуміші.

Однак, через специфічні фізико-механічні властивості кормосуміші, зокрема в процесі її гранулювання, застосування для визначення її в'язкості стандартизованих методик та приладів [3, 4] є неможливим.

А отже, існує потреба у розробленні спеціального приладу та відповідного методу для визначення в'язкості зерно-стеблової кормосуміші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед існуючих конструкцій пристроїв для визначення в'язкості матеріалів [5, 6], на наш погляд, для аналізу в'язкості пластифікованої кормосуміші найбільш придатними є такі, в основу яких покладено принцип передачі крутного моменту між двома співвісними циліндрами через матеріал, який знаходиться у міжстінковому просторі. Пристрої такого типу дістали назву ротаційних віскозиметрів.

Конструкція ротаційного віскозиметра дозволяє врахувати фізико-механічні властивості та гранулометричний склад зерно-стеблової кормосуміші

шляхом застосування відповідних геометричних параметрів пристрою, зокрема міжциліндрової відстані.

Метою досліджень є обґрунтування методу та параметрів відповідного пристрою для визначення в'язкості пластифікованої кормової зерно-стеблової суміші.

Методи досліджень. Синтез конструкційної схеми пристрою для визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші здійснюється на основі аналізу відомих конструкцій пристроїв та приладів аналогічного призначення з урахуванням фізико-механічних особливостей матеріалу. Теоретичні передумови визначення в'язкості ґрунтуються на положеннях механіки, зокрема механіки суцільного середовища.

Результати досліджень. Конструкційна схема пропонованого пристрою для визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші наведена на рис. 1.

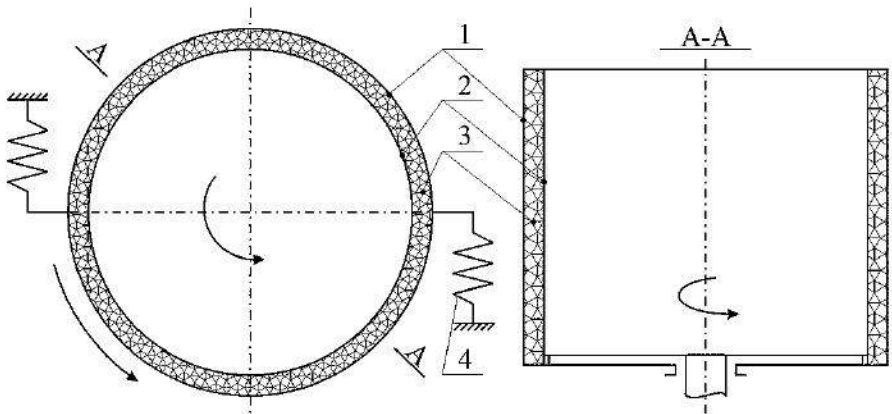


Рис. 1. Конструкційна схема пристрою для визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші:

1 — зовнішній циліндр; 2 — внутрішній циліндр (приводний); 3 — міжстінковий простір, заповнений матеріалом, в'язкість якого визначається; 4 — пружний елемент

Пристрій на рис. 1 працює таким чином. При увімкненні приводу внутрішнього циліндра 2 забезпечується подача зерно-стеблової кормосуміші у міжстінковий простір 3. По мірі заповнення міжстінкового простору 3 крутний момент з внутрішнього циліндра 2 за рахунок роботи сил в'язкості матеріалу передається на зовнішній циліндр 1. Це викликає обертання зовнішнього циліндра 1 на деякий кут, причому обертання циліндра 1 обмежується пружними елементами 4. Кут, на який обернувся циліндр 1, фіксується за допомогою розташованої на циліндрі 1 шкали та стрілки (на рис. 1 не вказані). Процес вимірювання здійснюється до тих пір, поки увесь міжстінковий простір не буде заповнений матеріалом, а значення кута повороту циліндра 1 не стабілізується. Очевидно, що в'язкість зерно-стеблової кормосуміші буде знаходитись у математичній залежності від значення кута повороту циліндра 1, а також геометричних параметрів пристрою і жорсткості пружних елементів 4.

Теоретичні передумови визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші полягають у знаходженні та співставленні виразів моменту сил в'язкого опору на стінці внутрішнього циліндра та моменту на стінці циліндра зовнішнього.

Для цього побудуємо схему руху елементарного шару пластифікованої маси у міжстінковому просторі пристрою для визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші (рис. 2).

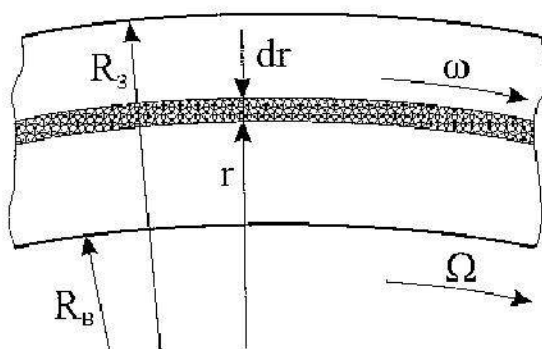


Рис. 2. Схема руху елементарного шару пластифікованої маси

Для подальшого аналізу прийємо припущення, що пластифіковану кормосуміш можна розглядати як в'язку ньютонівську рідину і запишемо модель її руху у загальноприйнятому вигляді:

$$P_{\text{в'яз}} = \eta F \frac{\partial u}{\partial r}, \quad (1)$$

де $P_{\text{в'яз}}$ — сила спротиву між двома елементарними шарами рідини (рисунок 2), Н;

η — в'язкість рідини, Па·с;

F — площа контакту двох елементарних шарів рідини, м²;

$\partial u/\partial r$ — градієнт швидкості, с⁻¹, у свою чергу

$$\frac{\partial u}{\partial r} = -r \frac{d\omega}{dr}, \quad (2)$$

$$F = 2\pi r h, \quad (3)$$

де ω — кутова швидкість обертання елементарного шару dr пластифікованої маси, с⁻¹;

h — висота міжстінкового простору між циліндрами 1, 2 (рис. 1), заповненого матеріалом, м.

Із використанням підходів, застосованих [7] при аналізі реологічних властивостей харчових мас, та залежностей (1)-(3) запишемо вираз моменту, утвореного за рахунок дії сил в'язкого спротиву при обертанні внутрішнього циліндра 1 (рис. 1).

$$M_B = \eta 2\pi r h \left(-r \frac{d\omega}{dr} \right) r. \quad (4)$$

Розв'язуючи рівняння (4) для всієї ширини міжциліндрового простору ($r \in [R_B; R_3]$), запишемо вираз моменту на внутрішньому циліндрі:

$$M_B = \frac{4\eta\pi R_B^2 h \Omega}{\left(1 - \frac{R_B}{R_3} \right)^2}, \quad (5)$$

де Ω — кутова швидкість обертання внутрішнього циліндра, с⁻¹.

У свою чергу, обертання маси у міжциліндровому просторі призведе до передачі крутного моменту на зовнішній циліндр. Цей момент буде компенсуватися дією пружних елементів 4 (рис. 1).

Припускаючи, що пружні елементи мають жорсткість k (Н/м), а величина їх деформації дорівнюватиме довжині дуги, описаної точкою, розташованою на зовнішньому циліндрі при обертанні останнього на кут φ (рад.), запишемо вираз моменту на зовнішньому циліндрі:

$$M_3 = R_3 F_{np} = R_3^2 \phi k, \quad (6)$$

де F_{np} — сила, створювана дією пружних елементів 4 (рис. 1), Н.

На основі залежностей (5) та (6) при усталеному значенні кута повороту зовнішнього циліндра φ шуканий вираз в'язкості пластифікованої кормосуміші запишеться як:

$$\eta = \frac{(R_3 - R_B)^2 \phi k}{4\pi R_B^2 h \Omega}. \quad (7)$$

Як видно з отриманої залежності (7), в'язкість пластифікованої зерно-стеблової кормосуміші знаходиться у лінійній залежності від кута повороту зовнішнього циліндру пристрою (рис. 1).

Висновок. У результаті аналітичних досліджень було запропоновано конструкційну схему віскозиметра ротаційного типу для визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші, а також знайдено відповідну математичну залежність для встановлення значень в'язкості зерно-стеблової кормосуміші.

Перспективи подальших наукових досліджень у даному напрямку полягають у встановленні впливу складу (співвідношення зернового та стеблового компонентів) та фізико-механічних параметрів (вологість, температура, гранулометричний склад) зерно-стеблової кормосуміші на її в'язкість.

Бібліографія

1. *Братішко В. В.* Аналіз продуктивності гвинтового гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами гвинта за його довжиною // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин», вип. 43, ч. II. — Кіровоград: КНТУ, 2013. — С. 43-49.
2. *Братішко В. В.* Аналіз тиску в каналі гвинта гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами // Механізація та електрифікація сільського господарства. — Вип. № 98. — Т. 2. — Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2013. — С. 74-84.
3. *Полімери.* Метод визначення в'язкості ротаційним віскозиметром при визначеній швидкості зсуву: ГОСТ 25276-82. — [Чинний від 1984-01-01] — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 7 с.
4. *Віскозиметри рідин.* Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ГОСТ 29226-91. — [Чинний від 1993-01-01]. — М.: Изд-во стандартов, 2004. — 12 с.
5. *Няшин Ю. И., Подгаец Р. М.* Экспериментальные методы в биомеханике. — Пермь: Изд-во Пермского ГТУ, 2008. — 400 с.
6. *Доня Д. В., Леонов А. А.* Инженерная реология. — Кемерово: Изд-во Кемеровского технологического института пищевой промышленности, 2008. — 123 с.
7. *Косой В. Д., Дунченко Н. И., Егоров А. В.* Инженерная реология в производстве мороженого. — М.: ДеЛи принт, 2008. — 196 с.

УСТРОЙСТВО И МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОЙ КОРМОСМЕСИ

В статтє предложєн метод определєния вязкости пластифицированной кормосмеси и схема конструкции устройства для ее определєния. В основу предложєнной конструкции устройства положєн принцип работы вискозиметров ротационного типа.

Ключевые слова: *вискозиметр, вязкость, гранулирование, кормосмесь, метод, устройство.*

**DEVICE AND METHOD FOR DETERMINING THE VISCOSITY
OF THE PLASTICIZED FOOD MIXTURE**

This paper proposes a method for determining the viscosity of plasticized feed mixture and design scheme of the device to determine it. The basis of the proposed construction of the device based on the principle of rotational viscometers.

Key words: *device, food mixture, granulation, method, viscometer, viscosity.*