

# APPLICATION OF PLANETARY MECHANISMS IN DEVICES FOR AGITATING OF MATERIALS UNDER THE INFLUENCE OF FORCE OF INERTIA

V. Kostin, N. Romanchenko, A. Kovalev  
National University of food technologies

Key words:	ABSTRACT
material, an agitator, the planetary mechanism, force of inertia, trajectories, locomotion	In the industry for agitating of materials widely use agitators of different phylum's. In most cases mixing process descends mechanical contact of actions of an agitator to admixed materials.
<b>Article history:</b> Received 29.03.2015 Received in revised form 23.04.2015 Accepted 2.06.2015	Such mean does not provide qualitative agitating on all volume of a working region and as demands additional expenses for purification and agitator decontamination. The operational analysis of the device made in article which organizes locomotion of different parts of a stuff on different complex trajectories shows that agitating of components of materials at the expense of forces of inertia, the size and which direction different points of a trajectory of locomotion - different, gives the chance to agitate qualitatively and in regular intervals among themselves components of materials without contact to actions of agitators
<b>Corresponding author:</b> akov@ua.fm	

## ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАНЕТАРНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ РЕЧОВИН ПІД ДІЄЮ СИЛ ІНЕРЦІЇ

В.Б. Костін, Н.М. Романченко, О.І. Ковальов, канд. техн. наук<sup>®</sup>  
Національний університет харчових технологій

У промисловості для перемішування речовин широко використовують мішалки різних типів. У більшості випадків процес змішування відбувається безпосереднім контактом робочих органів мішалки з речовинами.

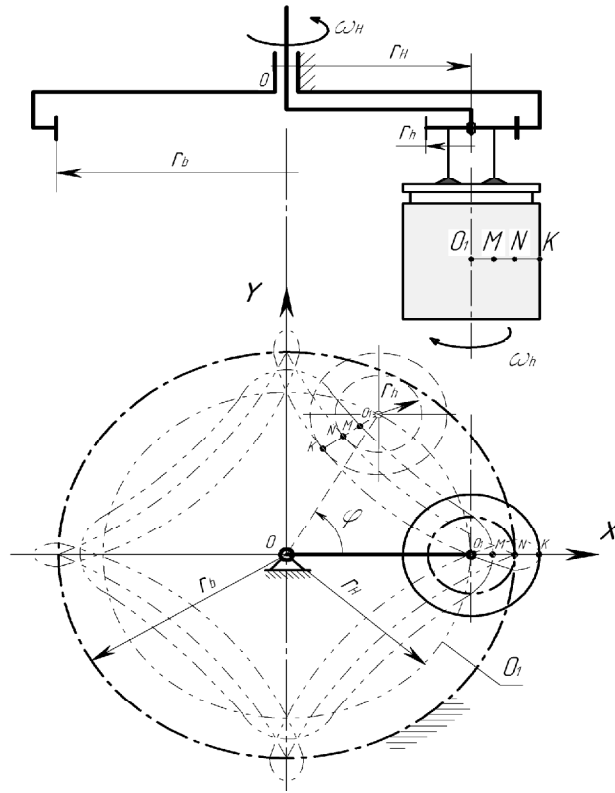
Проведений у статті аналіз роботи пристрою, який реалізує рух різних частин матеріалу за складними траєкторіями показує, що перемішування компонентів речовин за рахунок дії сил інерції, величина і напрям яких в різних точках траєкторії руху різні, дає можливість якісно і рівномірно перемішувати між собою компоненти речовин без контакту з робочими органами мішалок.

**Ключові слова:** речовина мішалка, планетарний механізм, сила інерції, траєкторій, рух.

**Вступ.** В харчової, мікробіологічної, фармацевтичної та інших галузях широко застосовують процес змішування різних речовин. Для чого викорис-товують мішалки різних типів. Суттєвим недоліком більшості таких пристроїв є безпосередній контакт робочих органів з матеріалом який змішується. Це впливає на якість продукції, збільшує габарити та енергоємність мішалок, створює «застійні зони», в яких не відбувається якісного, рівномірного змішування компонентів. Крім того в подібних конструкціях необхідні додаткові витрати на очищення і незаражування виконавчих механізмів та внутрішнього об'єму мішалки.

**Мета дослідження.** Розробка конструкції і методики розрахунку пристроїв з без-контактним інерційним способом змішування речовин.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досягнень.** Вказаних вище недоліків можна позбутися, використовуючи альтернативний принцип змішування, а саме якщо забезпечити рух самої ємності вдовж визначеної траєкторії з різними прискореннями. Це можна реалізувати, якщо приводом використати планетарний механізм на сателітах якого закріпити ємності з речовиною, яку необхідно змішувати. Як відомо точки сателіта планетарного механізму в залежності від їх положення відносно його центра, рухаються з різними прискореннями вздовж визначених траєкторій (рис. 1) при постійній швидкості водила. Тому якщо ємність з герметичною кришкою закріпити на сателіті таким чином, щоб частка цієї ємності виходила за габарити сателіта, то частинки речовини, що містяться всередині ємності залежно від їх розташування відносно центра сателіта, будуть виконувати складний рух з швидкостями та прискореннями, що постійно змінюються за напрямом і величиною. Внаслідок цього, будуть змінні і сили інерції під дією яких і реалізується процес перемішування компонентів речовин в середині ємності.



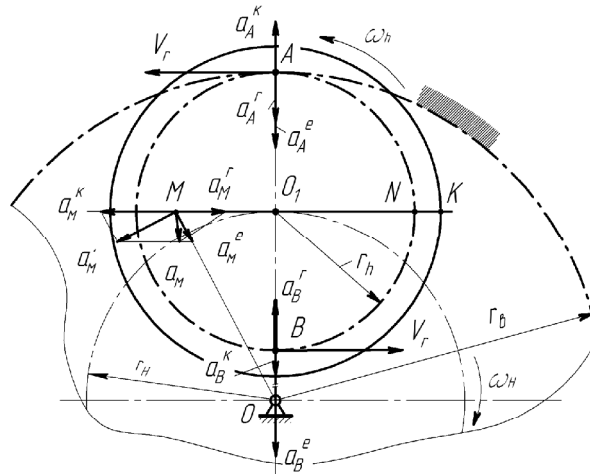
**Рис. 1.** Траєкторії руху характерних точок приводного механізму мішалки

**Виклад основного матеріалу.** Для визначення розрахункових залежностей проаналізуємо дію сил, що виникають при сталому русі ведучої ланки в планетарному механізмі. Сателіти планетарних передач здійснюють складний рух, тому абсолютні прискорення їх точок можна розкласти на прискорення в переносному русі ( $a_M^e$ ) та прискорення у відносному русі ( $a_M^r$ ) і прискорення Коріоліса ( $a_M^k$ ). Останнє виникає тому, що переносним рухом, який здійснює водило, є обертотий. Наприклад, для точки М передачі виконаної за схемою з внутрішнім зачепленням сателіта (рис. 2) можна записати:

$$\bar{a}_M = \bar{a}_M^e + \bar{a}_M^r + \bar{a}_M^k. \quad (1)$$

Тоді рівнодіюча сила інерції для точки М:

$$\bar{F}_M = \bar{F}_M^e + \bar{F}_M^r + \bar{F}_M^k. \quad (2)$$



**Рис. 2. Напрямок дії прискорень точок сателіта приводного механізму мішалки**

Існує метод розрахунку рівнодіючої сил інерції, при якому вводять спрощення — всю масу сателіту вважають зосередженою в двох точках А і В діаметральної прямої. Тоді рівнодіюча всіх сил інерції:

$$\bar{F} = \bar{F}_A + \bar{F}_B. \quad (3)$$

Прискорення точок А і В з урахуванням напрямку їх складових

$$a_A = a_A^e + a^r - a^k, \quad (4)$$

$$a_B = a_B^e + a^r - a^k. \quad (5)$$

В цьому випадку для обох точок

$$a^r = \omega_h^2 r_h, \quad (6)$$

$$a^k = 2\omega_n V_r. \quad (7)$$

Сили інерції у відносному русі  $\bar{F}_A^r$  і  $\bar{F}_B^r$  та сили інерції Коріоліса  $\bar{F}_A^k$  і  $\bar{F}_B^k$  будуть зрівноважені, а величина сили  $F$  буде рівнятися:

$$F = F_A^e + F_B^e, \quad (8)$$

де складові сили:

$$F_A^e = 0,5m_h \cdot a_A^e = 0,5m_h \cdot \omega_h^2 \cdot r_b, \quad (9)$$

$$F_B^e = 0,5m_h \cdot \omega_h^2 (r_b - 2r_h). \quad (10)$$

Тут  $r_b$  і  $r_h$  — радіуси початкових кіл відповідних коліс.

Тоді залежність (8) перепишеться у вигляді

$$F = m_h \cdot \omega_H^2 (r_b - r_h), \quad (11)$$

де  $m_k$  — маса сателіта.

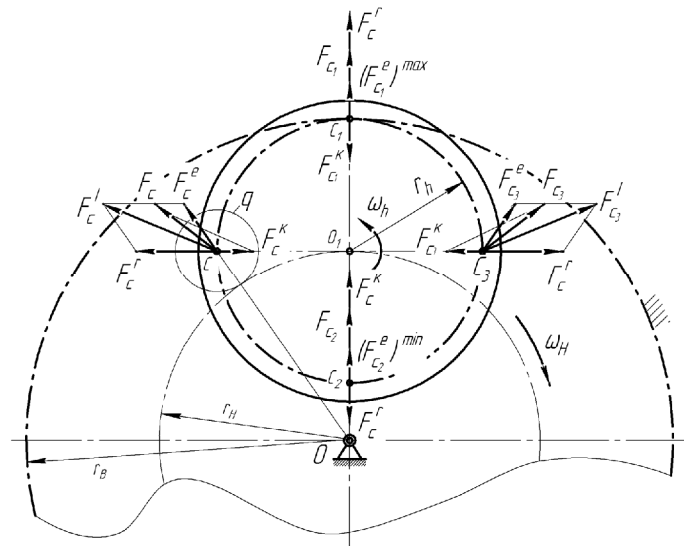
Щоб визначити рівнодіючу силу інерції, що діє на окрему точку С масою  $m_q$  напишемо залежність для прискорення:

$$\bar{a}_e = \bar{a}_c^e + \bar{a}_c^l + \bar{a}_c^k, \quad (12)$$

тоді сила інерції буде рівнятися

$$\bar{F}_C = \bar{F}_C^e + \bar{F}_C^l + \bar{F}_C^k. \quad (13)$$

На рис. 3 зображено напрям сил  $\bar{F}_C^e$ ,  $\bar{F}_C^l$  і  $\bar{F}_C^k$  для різних положень точки С, що рухається за траєкторією звичайної гіпоциклоїди (напрямок обертання водила Н і сателіта — протилежні).



**Рис. 3. Схема сил інерції, що діють на характерні точки сателіта приводного механізму мішалки**

Зазначимо, що  $F_C^l = m_q r_h \omega_{hH}^2$  — постійна величина ( $\omega_{hH}$  — кутова швидкість сателіта відносно основного водила Н), а складова  $F_C^e = m_q r_x \omega_H^2$  — величина змінна, тому що  $r_x = OC$  змінюється від значення  $(r_H + r_h)$  до значення  $(r_H - r_h)$ .

Сили  $F_C^e$  і  $F_C^l$  постійно змінюють своє взаємне положення, співпадаючи за напрямком в точках  $C_1$  і  $C_2$ .

В точці  $C_1$

$$(F_{C_1}^e)^{\max} = m_q (r_H + r_h) \omega_H^2 \quad (14)$$

Напрямок прискорення Кориоліса  $a_c^k$  можна отримати, повернувши вектор відносної швидкості  $V_r$  точки в бік переносної оберткової швидкості ( $\bar{\omega}_H$ ).

Тоді

$$\bar{F}_C^k = -ma^k \quad (15)$$

Можна констатувати, що  $\bar{F}_C^k$  завжди направлена в бік протилежний  $\bar{F}_C^l$ . Тобто,  $\bar{F}_C^{\max}$  відповідає положенню  $C_1$ , а за величиною

$$\bar{F}_C^{\max} = \bar{F}_C^l + (\bar{F}_C^e)^{\max} - \bar{F}_C^k \quad (16)$$

Підставляючи значення доданків, отримаємо

$$\bar{F}_C^{\max} = m_q [r_h \omega_{hH}^2 + (r_H + r_h - 2r_b) \omega_H^2] \quad (17)$$

В різних частинах ємностей компоненти речовин, що підлягають змішуванню рухаються за складними криволінійними траєкторіями (рис. 1) з різними миттєвими швидкостями і прискореннями та перебувають під дією відповідних сил інерції, в наслідок чого процес змішування відбувається без контакту з робочими органами мішалок.

**Висновки.** Аналіз роботи пристрою, який забезпечує рух різних частин матеріалу по складних траєкторіях показує, що перемішування компонентів речовин за рахунок дії сил інерції, величина і напрям яких в різних точках траєкторії руху різні, дає можливість якісно і рівномірно перемішувати між собою компоненти речовин без контакту з робочими органами мішалок.

Запропоновані мішалки безконтактного принципу дії високоефективні і можуть бути застосовані в хімічній, фармацевтичній, харчовій та інших галузях.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин Підручник/ Кіницький Я.Т. — К.: Наукова думка, 2002.
2. Крайнев А.Ф. Машиноведение на языке схем, рисунков и чертежей (в 2-х книгах). — М.: Издательский дом «Спектр». Кн. 1: Технологии, машины и оборудование. — 2010 г. — 296 с.; Кн. 2: Детали машин, соединения и механизмы. — 2010 г. — 216 с.
3. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин : учебн. пособие. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт ; ИД Юрайт. 2010 г. — 351 с.,

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВЕЩЕСТВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ИНЕРЦИИ

В.Б. Костин, Н.Н. Романченко, А.И. Ковалев  
Национальный университет пищевых технологий

*В промышленности для перемешивания веществ широко используют мешалки разных типов. В большинстве случаев процесс смешивания происходит механическим контактом рабочих органов мешалки со смешиваемыми веществами.*

*Проведенный в статье анализ работы устройства, которое реализует движение частей материала по разным сложным траекториям показывает, что перемешивание компонентов веществ за счет сил инерции, величина и направление которых в разных точках траектории движения — разная, дает возможность качественно и равномерно перемешивать между собой компоненты веществ бесконтактным способом.*

**Ключевые слова:** вещество, мешалка, планетарный механизм, сила инерции, траектория, сложное движение.