

10. TractorFan <http://www.tractorfan.it/picture/870506/>.
11. Мотор-колесо УС 6000W [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vesh.ua/product/motorkoleso-yc-6000w/>
12. Колеса для автомобілів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecoist.com.ua/motorkoleso-re1372-35b-72v-vodjanoe-ohlazhdenie.htm>.
13. Шини майбутнього [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://auto.mail.ru/article/39588-shiny_budushchego_v_cvet_kuzova_i_ne_boyatsya_prokolov/.
14. Новини автопрому <http://forum.podolsk.ru/viewtopic.php?f=10&t=23271>.
15. Мироненко В.Г., Мельник. Р.В. Електротрактор ХТЗ-2511Е. Аграрна наука-виробництву – 2014. - №4. – 29 с.

Roman Melnyk

National Scientific Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture"

The effectiveness of mobile power facilities for agriculture servise

Improving the operational efficiency of mobile power facilities for agricultural through the use of electricity.

Analysis of the previous research was based on the study of scientific and technical information in the field of mobile power on electric-battery drive.

Found that currently the ventilated electronic motors for electric transport become widespread because of high propulsive efficiency up to 95% and programmable controller for different voltages and different modes of operation. The developed experimental model of elektric traktor HTZ- 2511E which time of work without recharging batteries is up to 5 hours on transport works.

Mobile power facilities based on electric-battery drive in agriculture will increase the efficiency of the machine and tractor units in interpreting the application of the system motor in wheel. Considering the strong potential of JSC "Kharkiv Tractor Plant" and the high level of the electricity sector, Ukraine has good conditions for the solution in the short term all technical issues and successful implementation in the production of tractors with electric-battery drive.

motor in wheel, mobile power facilities, tractors, electric motor, traction, electric-battery drive

Одержано 30.04.15

УДК 621.798.38

О.В. Оришака, доц., канд. техн. наук, В.І. Гуцул, доц., канд. ф.-м. наук

Кіровоградський національний технічний університет, vvv96@yandex.ua

Динаміка постачального пристрою установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів

Отримані залежності, які описують обергальний рух постачального пристрою під дією електромагніта і серводвигуна. Визначений вплив параметрів електромагніта і серводвигуна на час обертання пристрою на заданий кут ψ_0 . У випадку використання серводвигуна пропонується його відключення при $\psi = \psi_n < \psi_0$. Дані рекомендації відносно значень ψ_n .

установка, сипкий матеріал, постачальний пристрій, патрубок

О.В. Орышака, доц., канд. техн. наук, В.И. Гуцул, доц., канд. ф.-м. наук

Кировоградский национальный технический университет

Динамика питательного устройства установки непрерывного действия для загрузки сыпучих материалов

© О.В. Оришака, В.І. Гуцул, 2015

Получены зависимости, которые описуют движение вращения питательного устройства под действием электромагнита и серводвигателя. Определено влияние параметров электромагнита и серводвигателя на время вращения устройства на заданный угол ψ_0 . У случае использования серводвигателя предлагается его отключение при $\psi = \psi_n < \psi_0$. Даны рекомендации относительно значений ψ_n .

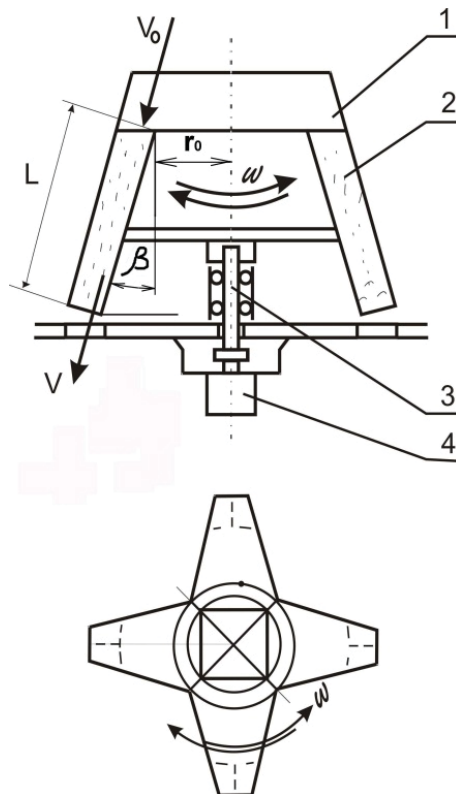
установка, сыпучий материал, питательное устройство, патрубок

Постановка проблеми. Установки безперервної дії мають ряд переваг над установками з циклічною подачею (висока продуктивність, низькі енергетичні витрати, менша матеріаломісткість тощо). Вдосконалення установок безперервної дії є актуальною задачею.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проведені дослідження основних робочих органів установок безперервної дії дали можливість обґрунтувати: стабілізатор потоку сипкого матеріалу, регулятор витoku сипкого матеріалу, постачальний пристрій. Визначено, що швидкість руху сипкого матеріалу в каналах патрубків постачального пристрою при його обертанні збільшується відносно його стаціонарного положення, що виключає порушення технологічного процесу [1, 2, 3].

Постачальний пристрій (рис. 1.) представляє собою ротор з вертикальною віссю обертання (періодично здійснює зворотно-обертний рух на передбачений кут), що містить приймальну частину і патрубки. Поворот здійснюється електромагнітами або серводвигуном, по патрубкам постійно рухається сипкий матеріал.

Постановка завдання. Провести аналіз впливу параметрів постачального пристрою установки на швидкість обертання ротора і крутний момент з метою їх оптимізації.



1 – приймальна частина; 2 – патрубки; 3 – вісь; 4 - серводвигун або електромагніти

Рисунок 1 – Схема постачального пристрою

Виклад основного матеріалу. Для дослідження руху ротора під дією електромагнітів складемо диференційне рівняння обертового руху ротора.

$$J_0 \cdot \frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{1}{2} \frac{dJ_0}{d\psi} \left(\frac{d\psi}{dt} \right)^2 = M_M - M_{OP}, \quad (1)$$

де J_0 – приведений до віссі обертання ротора момент інерції від мас ланок ротора, в тому числі і маси сипкого матеріалу, що рухається в патрубках;

M_M – момент від дії сили електромагніта;

M_{OP} – момент від дії сил опору.

Так як ротор включає симетрично розташовані патрубки, по яким рухаються практично однакові потоки сипкого матеріалу, то можна вважати, що: $J_0 \approx const$.

Тоді

$$J_0 \ddot{\psi} = M_M - M_{OP}. \quad (2)$$

Момент опору на віссі ротора

$$M_{OP} = M_T + M_P, \quad (3)$$

де M_T – момент від сили тертя в підшипниках;

M_P – момент від сили реакції патрубків.

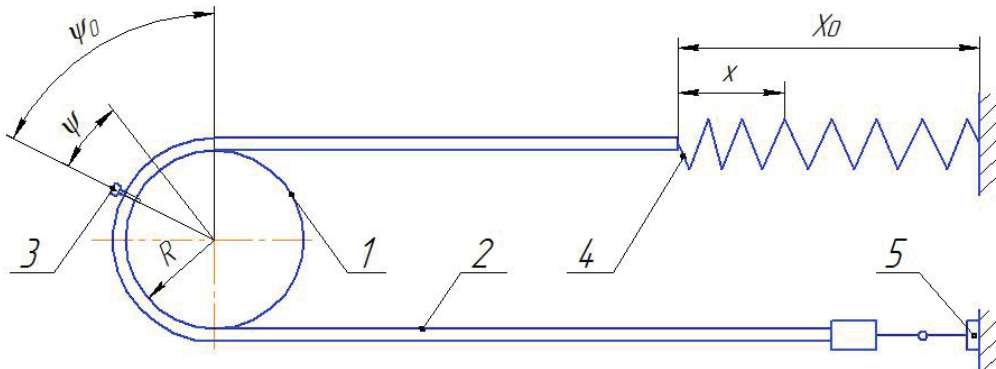
Момент від дії сили електромагніта:

$$M_M = P \cdot R, \quad (4)$$

де P – втягуюча сила електромагніта

R – радіус шківів обертання віссі.

Для подальшого розрахунку застосовуємо еквівалентну схему обертання ротора. Замість електромагніта використовуємо пружину розтягу (рис. 2).



1 – шків; 2 – гнучка стрічка; 3 – гвинт; 4 – пружина; 5 – затискач

Рисунок 2 – Еквівалентна схема привода ротора

$$M_M = \lambda(x_0 - x) \cdot R, \quad (5)$$

де λ – коефіцієнт жорсткості пружини.

$$x = R \cdot \psi, \quad x_0 = R \cdot \psi_0, \quad (6)$$

де ψ – кут повороту ротора за час;

ψ_0 – кут, на який необхідно повернути ротор. Відмітимо, що друга з формул (6) встановлює зв'язок між кутом обертання ψ_0 , довжиною сердечника електромагніта x_0 та радіусом шківів R .

Можемо записати

$$M_M = \lambda(\psi_0 - \psi) \cdot R^2. \quad (7)$$

Підставимо (7) в (2)

$$J_0 \ddot{\psi} = \lambda(\psi_0 - \psi) \cdot R^2 - M_{оп}$$

або

$$J_0 \ddot{\psi} + \psi \lambda \cdot R^2 = \lambda \cdot R^2 \psi_0 - M_{оп}. \quad (8)$$

Позначимо

$$A = \lambda \cdot R^2,$$

$$B = \lambda \cdot R^2 \psi_0 - M_{оп}.$$

Тоді

$$\ddot{\psi} = \frac{B - \psi \cdot A}{J_0}. \quad (9)$$

Для зручності інтегрування введемо нову змінну. Позначимо $B - \psi \cdot A$ через Z .

Тоді:

$$\psi = \frac{B}{A} - \frac{Z}{A}, \quad \ddot{\psi} = -\frac{\ddot{Z}}{A}.$$

Рівняння (9) приймає вигляд:

$$\ddot{Z} + \frac{A}{J_0} Z = 0. \quad (10)$$

Зінтегрувавши останнє рівняння, отримуємо:

$$Z = C_1 \sin \sqrt{\frac{A}{J_0}} t + C_2 \cos \sqrt{\frac{A}{J_0}} t. \quad (11)$$

Тоді:

$$\psi = \frac{B}{A} - \frac{C_1}{A} \sin \sqrt{\frac{A}{J_0}} t - \frac{C_2}{A} \cos \sqrt{\frac{A}{J_0}} t. \quad (12)$$

Рівняння швидкості:

$$\dot{\psi} = -\frac{C_1}{A} \sqrt{\frac{A}{J_0}} \cos \sqrt{\frac{A}{J_0}} t + \frac{C_2}{A} \sqrt{\frac{A}{J_0}} \sin \sqrt{\frac{A}{J_0}} t. \quad (13)$$

Використовуючи початкові умови $\psi(0) = \dot{\psi}(0) = 0$, визначаємо постійні інтегрування: $C_1 = 0$, $C_2 = B$. Підставимо C_1 і C_2 в (12) і (13), одержимо:

$$\psi = \frac{B}{A} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{A}{J_0}} t \right), \quad (14)$$

$$\dot{\psi} = \frac{B}{A} \sqrt{\frac{A}{J_0}} \sin \sqrt{\frac{A}{J_0}} t. \quad (15)$$

Для визначення часу обертання на кут ψ_0 підставимо $\psi = \psi_0$ в рівняння (14):

$$\tau = \sqrt{\frac{J_0}{A}} \arccos \left(\frac{B - \psi_0 A}{B} \right). \quad (16)$$

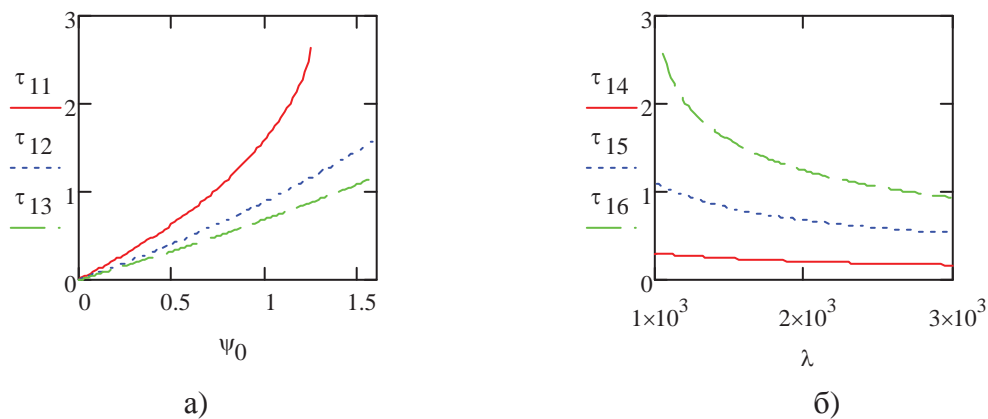
Враховавши, що $R = x_0/\psi_0$ і підставивши замість A і B відповідні вирази, формулу (16) можна представити у вигляді:

$$\tau = \frac{\psi_0}{x_0} \sqrt{\frac{J_0}{\lambda}} \left(\pi - \arccos \left(\frac{\psi_0 M_{оп}}{\lambda x_0^2 - \psi_0 M_{оп}} \right) \right). \quad (17)$$

З формули (17) випливає умова:

$$2\psi_0 M_{оп} \leq \lambda x_0^2. \quad (18)$$

На рис. 3 наведені криві, отримані на основі (17). Криві $\tau_{11}, \tau_{12}, \tau_{13}$ (час в секундах) побудовані для $\lambda = 1000 \text{ Н/м}$, $\lambda = 2000 \text{ Н/м}$, $\lambda = 3000 \text{ Н/м}$ відповідно; криві $\tau_{14}, \tau_{15}, \tau_{16}$ - для $\psi_0 = \pi/12$, $\psi_0 = \pi/4$, $\psi_0 = 5\pi/12$ відповідно. Всі наведені нижче залежності будувалися при $M_{оп} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $J_0 = 1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $x_0 = 0,05 \text{ м}$ (при зміні кута ψ_0 змінювався радіус R).



а) залежності часу τ від кута ψ_0 при різних значеннях λ ;

б) залежності часу τ від коефіцієнта λ при різних значеннях ψ_0

Рисунок 3 – Залежності часу обертання від параметрів установки у випадку руху ротора під дією електромагнітів

Як бачимо, збільшення коефіцієнта жорсткості λ очікувано призводить до зменшення часу обертання τ . Зменшення величини λ , яка характеризує силу електромагніта, може призвести до обмеження можливих значень кута ψ_0 . На рис.3 а)

видно, що при $\lambda = 1000 \text{ H/м}$ максимальне можливе значення ψ_0 дорівнює 1,25 ($\approx 71,5^\circ$). При подальшому збільшенні ψ_0 починає порушуватися умова (18).

Розглянемо далі рух ротора під дією серводвигуна. Момент від дії сили двигуна представимо у вигляді:

$$M_M = \mu(\omega_0 - \dot{\psi}). \quad (19)$$

де μ і ω_0 – параметри, які характеризують потужність і кутову швидкість двигуна відповідно.

Підставивши (19) в (2), отримуємо:

$$J_0 \ddot{\psi} = \mu(\omega_0 - \dot{\psi}) - M_{оп}. \quad (20)$$

Для зручності перепишемо останнє рівняння у формі:

$$\ddot{\psi} + A_1 \dot{\psi} = B_1, \quad (21)$$

де $A_1 = \mu/J_0$, $B_1 = (\mu\omega_0 - M_{оп})/J_0$. Враховуючи, що $\dot{\psi} = \omega$ (ω – кутова швидкість), маємо:

$$\dot{\omega} + A_1 \omega = B_1. \quad (22)$$

Розв'язуємо диференціальне рівняння (22). Використовуючи початкову умову $\omega(0) = 0$, одержуємо:

$$\dot{\psi} = \frac{B_1}{A_1} (1 - e^{-A_1 t}). \quad (23)$$

Інтегруємо отримане рівняння. Враховуючи початкову умову $\psi(0) = 0$, отримуємо:

$$\psi = \frac{B_1}{A_1^2} (A_1 t + e^{-A_1 t} - 1). \quad (24)$$

Час обертання на потрібний кут ψ_0 можна визначити чисельним методом, розв'язавши рівняння (24) відносно t . З метою більш плавної зупинки руху серводвигун слід виключати при деякому значенні $\psi = \psi_n < \psi_0$. Використовуючи рівняння (24) визначаємо час τ_n , за який здійснюється поворот на кут ψ_n . За допомогою (23) визначаємо кутову швидкість ω_n в момент часу τ_n .

Після відключення двигуна рух установки описується диференціальним рівнянням (2) при $M_M = 0$. Зінтегрувавши вказане рівняння і враховуючи, що $\psi(\tau_n) = \psi_n$, $\omega(\tau_n) = \omega_n$, отримуємо:

$$\dot{\psi} = -\frac{M_{он}}{J_0} (t - \tau_n) + \omega_n, \quad (25)$$

$$\psi = -\frac{M_{он}}{2J_0} (t - \tau_n)^2 + \omega_n (t - \tau_n) + \psi_n. \quad (26)$$

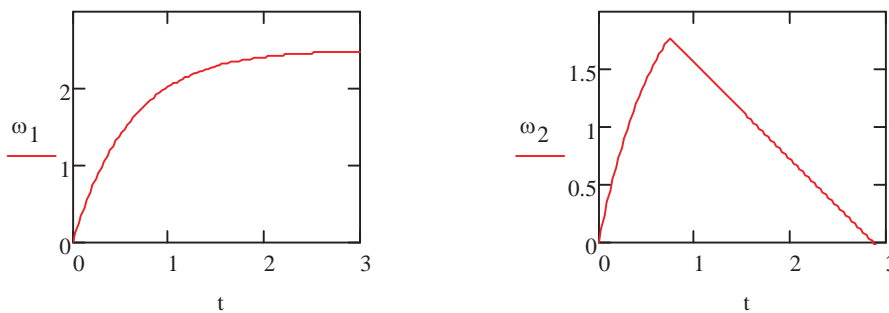
З формули (26) визначаємо час обертання на кут ψ_0 :

$$\tau = \tau_n + \frac{J_0 \omega_n - \sqrt{J_0^2 \omega_n^2 - 2J_0 M_{он} (\psi_0 - \psi_n)}}{M_{он}}. \quad (27)$$

Таким чином, закон обертового руху установки має вигляд:

$$\psi = \begin{cases} \frac{B_1}{A_1^2} (A_1 t + e^{-A_1 t} - 1) & \text{при } 0 \leq t < \tau_n, \\ -\frac{M_{on}}{2J_0} (t - \tau_n)^2 + \omega_n (t - \tau_n) + \psi_n & \text{при } t \geq \tau_n. \end{cases} \quad (28)$$

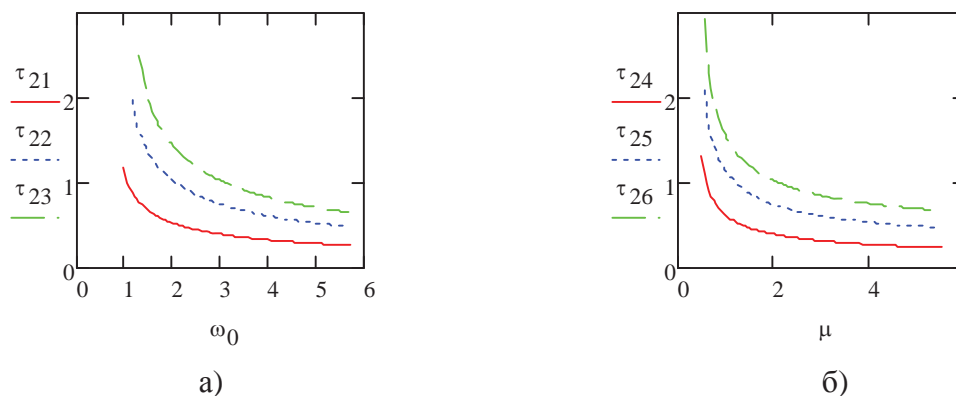
На рис.4 наведені залежності швидкості обертання установки від часу t у випадках постійно працюючого двигуна (рис.4 а) і при його відключенні з урахуванням інерційного руху (рис.4 б). Вказані криві побудовані при $\mu = 2 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$, $\omega_0 = 3 \text{ с}^{-1}$. Під дією серводвигуна кутова швидкість установки асимптотично наближається до значення $\omega_0 - M_{on}/\mu$. Після відключення двигуна швидкість по лінійному закону прямує до нуля.



а) у випадку постійно працюючого серводвигуна;
б) у випадку відключення серводвигуна при $\psi = \pi/4$

Рисунок 4 – Залежність швидкості обертання установки від часу t

На рис. 5 наведені деякі залежності часу обертання τ від параметрів установки. Криві $\tau_{21}, \tau_{22}, \tau_{23}$ побудовані для $\psi_0 = \pi/12, \psi_0 = \pi/4, \psi_0 = 5\pi/12$ відповідно при $\mu = 2 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$; криві $\tau_{24}, \tau_{25}, \tau_{26}$ - для $\psi_0 = \pi/12, \psi_0 = \pi/4, \psi_0 = 5\pi/12$ відповідно при $\omega_0 = 3 \text{ с}^{-1}$. В усіх випадках момент відключення серводвигуна визначався рівністю $\psi_n = 0,75\psi_0$.



а) залежності часу τ від параметра ω_0 при різних значеннях ψ_0 ; б) залежності часу τ від параметра μ при різних значеннях ψ_0

Рисунок 5 – Залежності часу обертання від параметрів установки у випадку руху ротора під дією серводвигуна

Розрахунки на основі (28) показують, що при малих ψ_0 значення ψ_n повинні бути досить близькими до значень ψ_0 . Це пояснюється тим, що в момент відключення двигуна швидкість обертання мала і інерційний рух швидко припиняється. Як що ж ψ_0 не близьке до нуля і кутова швидкість в момент відключення відносно велика, то ψ_n можна брати значно меншим за ψ_0 . Наприклад, при побудові кривавої τ_{22} можна було брати $\psi_n = 0,5\psi_0$.

Наведені на рис. 5 залежності свідчать про те, що при збільшенні ω_0 і μ час обертання τ зменшується. Комбінуючи значення параметрів установки і двигуна завжди можна отримати потрібне значення τ .

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1) Маючи значення параметрів постачального пристрою на основі отриманих залежностей можна визначити час τ обертання пристрою на потрібний кут ψ_0 .

2) Час обертання τ можна корегувати за допомогою вибору силових агрегатів з відповідними характеристиками (λ у випадку електромагніта; ω_0 і μ у випадку серводвигуна).

3) З метою послаблення динамічного удару під час зупинки руху серводвигун необхідно відключати при $\psi = \psi_n < \psi_0$.

Список літератури

1. Оришака О.В. Аналіз продуктивності установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів / О.В. Оришака, В.О. Оришака, А.М. Артюхов, А.О. Кравцов // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Запоріжжя: НВК Інтер-М, 2013.– Вип. 1. – С. 169-174.
2. Оришака О.В. Обґрунтування постачального пристрою установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів / О.В. Оришака, В.І. Гуцул, А.М. Артюхов // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-технічний збірник «Констр. виробництво та експлуатація с-г. машин». – Кіровоград: КНТУ, 2014р. – Вип. 44. – С. 41-48.
3. Установка безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки / Заява на винахід №201306474 від 24 травня 2013 - Оришака О.В., Кравцов А.О., Артюхов А.М., Оришака В.О.
4. Дьяконов В. MathCAD 2000: учебный курс – Спб: Питер, 2000. – 592 с.: ил.

Oleg Oryhsaka, Vasily Gutsul

Kirovograd National Technical University

Dynamics of feeding mechanism in the device of continuously working for loading free-flowing materials

Devices of continuous action have a number of advantages over systems with cyclic flow (high performance, low energy costs, lower consumption of materials and other). Improvement of continuous action is an actual scientific problem (is an urgent task).

An analysis was Conducted of the influence of parameters of feeding mechanism of device on the rotation speed of the rotor and torque.

Dependences that episothe the rotational movement of nutrients in the device under the action of an electromagnet and an actuator. The influence of the parameters of the electromagnet and the servo motor for the rotation of the device within a definite angle ψ_0 . Recommendations relative values of ψ_n .

device, free-flowing materials, feeding mechanism, nozzles

Одержано 12.05.15