

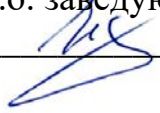
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт
Кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»

Утверждено на заседании кафедры
«Промышленная автоматика
и робототехника»
«17» января 2023 г., протокол № 2

И.о. заведующего кафедрой


_____ О.А. Ерзин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ
РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
«Системы автоматической загрузки штучной и нештучной
продукции пищевой промышленности»**

**основной профессиональной образовательной программы высшего
образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки
15.04.02 Технологические машины и оборудование

с направленностью (профилем)
Машины и агрегаты пищевой промышленности

Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 150402-03-23

Тула 2023 год

Разработчик:

Прейс В.В., профессор, д-р техн. наук, профессор
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДИСКОВОГО ЗУБЧАТОГО БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА С ГНЕЗДАМИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОКРУЖНОЙ СКОРОСТИ ДИСКА И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЖАЕМОЙ ШТУЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

1. Цель занятия.

Компьютерное моделирование фактической производительности механического дискового зубчатого бункерного загрузочного устройства с гнездами и кольцевым ориентатором.

2. Теоретическая часть.

Математическая модель фактической производительности дискового зубчатого бункерного загрузочного устройства представлена следующей совокупностью выражений:

$$P_{\text{БЗУ}} = 60 \frac{v}{t} \eta_{\text{max}} \left[1 - \left(\frac{v}{v_{\text{пред.}}} \right)^4 \right], \quad (1)$$

$$\eta_{\text{max}} = p_1 p_2. \quad (2)$$

$$p_I = \frac{1}{2} - \frac{l - x_c}{\sqrt{4(l - x_c)^2 + d_1^2}}; \quad p_{II} = \frac{1}{2} - \frac{x_c}{\sqrt{4x_c^2 + d_1^2}}. \quad (3)$$

$$p_I = 1 - \left(1 - p_{III} p_{12_{\text{max}}} \right)^3 \left(1 - p_{III} p_{12_{\text{min}}} \right)^{\frac{\pi(R-d_1)+2R}{2l}-3}, \quad (4)$$

$$p_{III} = 1 - (p_I + p_{II}). \quad (5)$$

$$p_{12_{\text{min}}} = \frac{1}{\pi} \left(\arcsin \frac{d + \Delta}{\sqrt{l_1^2 + d_1^2}} - \arctg \frac{d_1}{l_1} \right), \quad (6)$$

$$p_{12_{\text{max}}} = \frac{1}{\pi} \left(\arctg \frac{d_2}{2(l - x_c - 0,5d_1)} - \arcsin \frac{\mu}{\text{tg} \alpha} \right), \quad (7)$$

$$p_c = 1 - \frac{\arctg \mu_0}{\pi A1} \left\{ 3,4 + 8,4 \left(\frac{l}{d} - \frac{l_1}{d} \right) + 3,8 \left(\frac{l_1}{d} \right)^2 + 2 \frac{|\arctg A2|}{\pi} \left[1 + 2 \left(\frac{l_1}{d} \right)^2 \right] \right\}, \quad (8)$$

$$A1 = 6 \left[1 + 2 \frac{l}{d} - 2 \frac{l_1}{d} \left(1 - \frac{l_1}{d} \right) \right]; \quad (9)$$

$$A2 = \frac{\frac{d}{2r} + \mu_0 \sqrt{1 - \left(\frac{d}{2r} \right)^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{2r} \right)^2} - \frac{d}{2r} \mu_0}; \quad (10)$$

$$r = \frac{(l - l_1)^2 + 0,25d_1^2}{2(l - l_1)}, \quad (11)$$

$$v_{\text{пред.}} = \left[\frac{2\pi(R - 0,5d_1)}{k} - 0,5 \frac{(h_3^2 + d_1^2) + h_3 \sqrt{h_3^2 + d_1^2}}{h_3 + \sqrt{h_3^2 + d_1^2}} \right] \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{d_1}}, \quad (12)$$

$$h_3 = \frac{2\pi R}{k} - d - \Delta. \quad (13)$$

где v – окружная скорость диска по оси захватывающих органов (гнезд); $t = \frac{2\pi R}{k}$ – шаг захватывающих органов; R – радиус диска по оси гнезд; k – число гнезд; Δ – зазор по шагу между цилиндрической поверхностью детали и боковой поверхностью гнезда (зуба); α – угол наклона к горизонтали поверхности вращающегося диска, на которой расположены детали; μ – коэффициент трения деталей о поверхность вращающегося диска; μ_0 – коэффициент трения деталей между собой; l, l_1, x_c, d_1, r – геометрические размеры загружаемой детали (см. рис. 3 в описании практической работы № 2).

3. Содержание и порядок выполнения задания

3.1. Составить программу моделирования фактической производительности механического дискового бункерного загрузочного устройства с гнездами в программной среде *MathCad*, используя приложенный образец программы (приложение 1).

3.2. Провести отладку программы, используя исходные данные и результаты, полученные при выполнении практического занятия № 2.

3.3. Оформить отчет.

Отчет должен содержать программу моделирования и результаты отладки программы в виде скан-копий с экрана с пояснениями в тексте.

4. Рекомендуемая литература

1. Pantyukhina E.V., Preis V.V., Khachaturian A.V. Feed rate evaluation of mechanical toothed hopper-feeding device with ring orientator for parts, asymmetric at the ends // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1260. 2019. P. 032032. DOI:10.1088/1742-6596/1260/3/032032.

2. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник / И.С. Бляхеров [и др.]; Под общ.ред. И.А. Клусова. М.: Машиностроение, 1990. 400 с.

3. Хачатурян А.В., Пантюхина Е.В., Прейс В.В. Математическая модель фактической производительности зубчатого бункерного загрузочного устройства с кольцевым ориентатором для пустотелых деталей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 7. С. 98-110.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ВЕРТИКАЛЬНОГО ДИСКОВОГО БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО
УСТРОЙСТВА С РОЛИКОВЫМИ КАРМАНАМИ
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОКРУЖНОЙ СКОРОСТИ ДИСКА
И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЖАЕМОЙ
ШТУЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

1. Цель занятия.

Компьютерное моделирование фактической производительности механического вертикального дискового бункерного загрузочного устройства с роликовыми карманами.

2. Теоретическая часть.

Математическая модель фактической производительности дискового зубчатого бункерного загрузочного устройства представлена следующей совокупностью выражений:

$$\Pi_{\text{БЗУ}} = 60 \frac{v}{t} \eta_{\text{max}} \left[1 - \left(\frac{v}{v_{\text{пред.}}} \right)^4 \right], \quad (1)$$

$$\eta_{\text{max}} = p_I p_2. \quad (2)$$

$$p_I = \frac{1}{2} - \frac{l - x_c}{\sqrt{4(l - x_c)^2 + d_1^2}}; \quad p_{II} = \frac{1}{2} - \frac{x_c}{\sqrt{4x_c^2 + d_1^2}}. \quad (3)$$

$$p_I = 1 - \left(1 - p_{III} p_{12\text{max}} \right)^3 \left(1 - p_{III} p_{12\text{min}} \right)^{\frac{\pi(R-d_1)+2R}{2l}-3}, \quad (4)$$

$$p_{III} = 1 - (p_I + p_{II}). \quad (5)$$

$$p_{12\text{min}} = \frac{1}{\pi} \left(\arcsin \frac{d + \Delta}{\sqrt{l_1^2 + d_1^2}} - \arctg \frac{d_1}{l_1} \right), \quad (6)$$

$$p_{12\text{max}} = \frac{1}{\pi} \left(\arctg \frac{d_2}{2(l - x_c - 0,5d_1)} - \arcsin \frac{\mu}{\text{tg}\alpha} \right), \quad (7)$$

$$p_c = 1 - \frac{\arctg \mu_0}{\pi A1} \left\{ 3,4 + 8,4 \left(\frac{l}{d} - \frac{l_1}{d} \right) + 3,8 \left(\frac{l_1}{d} \right)^2 + 2 \frac{|\arctg A2|}{\pi} \left[1 + 2 \left(\frac{l_1}{d} \right)^2 \right] \right\}, \quad (8)$$

$$A1 = 6 \left[1 + 2 \frac{l}{d} - 2 \frac{l_1}{d} \left(1 - \frac{l_1}{d} \right) \right]; \quad (9)$$

$$A2 = \frac{\frac{d}{2r} + \mu_0 \sqrt{1 - \left(\frac{d}{2r} \right)^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{2r} \right)^2} - \frac{d}{2r} \mu_0}; \quad (10)$$

$$r = \frac{(l - l_1)^2 + 0,25d_1^2}{2(l - l_1)}, \quad (11)$$

$$v_{\text{пред.}} = \left[\frac{2\pi(R - 0,5d_1)}{k} - 0,5 \frac{(h_3^2 + d_1^2) + h_3\sqrt{h_3^2 + d_1^2}}{h_3 + \sqrt{h_3^2 + d_1^2}} \right] \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{d_1}}, \quad (12)$$

$$h_3 = \frac{2\pi R}{k} - d - \Delta. \quad (13)$$

где v – окружная скорость диска по оси захватывающих органов (гнезд); $t = \frac{2\pi R}{k}$ – шаг захватывающих органов; R – радиус диска по оси гнезд; k – число гнезд; Δ – зазор по шагу между цилиндрической поверхностью детали и боковой поверхностью гнезда (зуба); α – угол наклона к горизонтали поверхности вращающегося диска, на которой расположены детали; μ – коэффициент трения деталей о поверхность вращающегося диска; μ_0 – коэффициент трения деталей между собой; l, l_1, x_c, d_1, r – геометрические размеры загружаемой детали (см. рис. 3 в описании практической работы № 2).

3. Содержание и порядок выполнения задания

3.1. Составить программу моделирования фактической производительности механического вертикального дискового бункерного загрузочного устройства с роликовыми карманами в программной среде *MathCad*, используя приложенный образец программы (приложение 1).

3.2. Провести отладку программы, используя исходные данные и результаты, полученные при выполнении практического занятия № 2.

3.3. Оформить отчет.

Отчет должен содержать программу моделирования и результаты отладки программы в виде скан-копий с экрана с пояснениями в тексте.

4. Рекомендуемая литература

1. Pantyukhina E.V., Preis V.V., Khachaturian A.V. Feed rate evaluation of mechanical toothed hopper-feeding device with ring orientator for parts, asymmetric at the ends // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1260. 2019. P. 032032. DOI:10.1088/1742-6596/1260/3/032032.

2. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник / И.С. Бляхеров [и др.]; Под общ.ред. И.А. Клусова. М.: Машиностроение, 1990. 400 с.

3. Хачатурян А.В., Пантюхина Е.В., Прейс В.В. Математическая модель фактической производительности зубчатого бункерного загрузочного устройства с кольцевым ориентатором для пустотелых деталей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 7. С. 98-110.

Приложение 1

Заданные параметры детали:

Длина детали общая, мм $L := 23$

Диаметр цилиндрической части, мм $d := 10$

Длина цилиндрической части, мм $L1 := 20$

Положение центра масс, мм $x := 0.8L = 18.4$

Радиус сферического торца $r1 := \frac{[(L - L1)^2 + 0.25d^2]}{2 \cdot (L - L1)} = 5.667$

Коэффициент трения $\mu := 0.2$

Заданные параметры БЗУ

Угол наклона БЗУ, град $\alpha := 45 \cdot \text{deg}$

Диаметр диска, мм $D := 382$

Число гнезд (зубьев) $k := 58$

Расчетные параметры БЗУ

Шаг гнезд $t := \frac{2\pi \cdot D}{2 \cdot k} = 20.691$

Зазор по шагу $\Delta := 0.15d = 1.5$

Ширина гнезда $B := d + \Delta = 11.5$

Толщина зуба $h3 := -d - \Delta + \pi \frac{D}{k} = 9.191$

Длина наклонной грани зуба

$$c1 := 0.5 \sqrt{h3^2 + d^2} = 6.791$$

Расстояние центра детали от стенки гнезда (зуба)

$$a := \frac{[0.25 \cdot (d^2 - h3^2) + c1^2]}{h3 + 2c1} = 2.196$$

Расстояние центра детали от вершины зуба

$$A1 := a + 0.5h3 = 6.791$$

Величина пути детали от вершины зуба до касания стенки зуба

$$s1 := -A1 + \pi \cdot \frac{(D - d)}{k} = 13.358$$

Расчет максимального коэффициента выдачи

$$pk := \frac{x}{\sqrt{d^2 + 4 \cdot x^2}} + \frac{1}{2} = 0.983$$

$$plmax := \frac{\operatorname{atan}\left[\frac{d}{(2L - x - d)}\right] - \operatorname{asin}\left(\frac{\mu}{\tan(\alpha)}\right)}{\pi} = 0.1$$

$$plmin := \frac{1}{\pi} \cdot \left(\operatorname{asin}\left(\frac{B}{\sqrt{L1^2 + d^2}}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{d}{L1}\right) \right) = 0.024$$