

УДК 621.865

О.Р. Дмитрів к.т.н., доц.; Р.З. Золотий, к.т.н., доц.; В.В. Головки; Р.І. Охнівський;
В. П. Семенець

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МОДЕЛІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПЕТ ПЛЯШОК В АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЯХ

O. Dmytriv, Ph.D., Assoc. Prof; R. Zoloty, Ph.D., Assoc. Prof; V. Holovko;
R. Okhnyivskyi; V. Semenets

MODELS OF PET BOTTLES MOVEMENT IN AUTOMATED TRANSPORT-TECHNOLOGICAL LINES

Одним із вузьких місць при автоматизації транспортно-технологічних процесів наповнення молочної продукції у ПЕТ пляшки є системи, що забезпечують подачу тари в зону наповнення, її робочі переміщення та подачу на пакування. Особливо це відчутно на підприємствах, де є потреба впроваджувати нові типорозміри ПЕТ пляшок на існуючому обладнанні. В цьому випадку стабільність роботи автоматизованих ліній залежить від правильного вибору швидкісного режиму транспортування.

З метою вироблення рекомендацій для використання існуючих транспортно – технологічних ліній наповнення, транспортування та пакування молочної продукції в ПЕТ пляшках, розроблені моделі формалізованого опису пляшок та їх взаємодії з робочими поверхнями і між собою при переміщенні в потоці та при пакуванні в тару.

Формалізована модель ПЕТ пляшки ґрунтується на інтегральній моделі поверхні циліндричного тіла скомпанованого із моделями у вигляді тора в зоні округлень, зокрема на опорній поверхні, конічних поверхонь тощо. Особливостями такої моделі є те, що вона відслідковує розміщення тари (ПЕТ пляшки) на робочих поверхнях транспортних систем, в т.ч. рухомих, та можливу взаємодію пляшок між собою і з транспортуючими та обмежуючими елементами транспортно-технологічної лінії.

Для формалізованого опису поверхонь ПЕТ пляшок використовували R- функції одиничного градієнту, поданими в неявному вигляді [1]. Зокрема, у базовій системі координат $Oxyz$, вісь Oz якої розміщена перпендикулярно опорній поверхні плоского транспортуючого пристрою, циліндрична поверхня пляшки описувалась залежністю

$$f_c = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} - R \leq 0, \quad (1)$$

де x_0, y_0 – координати початку відліку базової системи (координати осі вертикально розміщеної пляшки).

В зонах переходу в інші форми, циліндричну поверхню обмежували парою паралельних поверхонь (площин), розміщених перпендикулярно осі Oz (в інтервалі $z_1 \leq z \leq z_2$)

$$f_z = |z - (z_1 + z_2) / 2| - (z_2 - z_1) / 2 \leq 0, \quad (2)$$

де z_1 – координати нижньої площини, що відповідає радіусу нижнього торцевого округлення r , $z_1 = r$; z_2 – координати верхньої площини, $z_2 = h - r$. Тут h – висота циліндричної частини ПЕТ пляшки, r_2 – радіус верхнього округлення.

Особливістю форми ПЕТ пляшки є те, що опорна зона контакту із робочим поверхнями по периферії її основи, має округлення, яке доцільно моделювати поверхнею тора

$$f_{t1} = \sqrt{(\sqrt{x^2 + y^2} - R)^2 + (z - z_1)^2} - r \leq 0 \quad (3)$$

Аналогічним чином, за потреби, формується верхня торова поверхня f_{t2} , яка є перехідною між циліндричною та конічною частиною.

Особливістю представлення поверхонь об'єкта у вигляді залежностей одиничного градієнту (1-3) є те, що, для визначення віддалі від довільної точки $A(x_A, y_A, z_A)$ до пляшки, потрібно підставити координати точки у рівняння поверхонь (1-3), що дозволяє відслідковувати зближення та контакт пляшки із робочими поверхнями. Такі ж властивості має сформований із поверхонь інтегральний об'єкт, опис якого отримуємо за допомогою використання алгебро-логічних функцій [1, 2]. Зокрема, повна поверхня нижньої циліндричної частини пляшки, яка контактує з робочими поверхнями транспортно-технологічної системи, опишеться залежністю

$$F_C = (f_c \cap f_z) \cup f_{t1} \cup f_{t2} \leq 0. \quad (4)$$

При розробці алгоритмів та програмного забезпечення залежність (4) відображається виразом $F_C = \max\{\min(f_c; f_z)\} f_{t1}; f_{t2} \leq 0$.

Технологічні переміщення моделі ПЕТ пляшки під впливом робочих поверхонь транспортно-технологічної системи проводили в однорідних системах координат. Як було відзначено, формалізований опис F_K конічної частини ПЕТ пляшки складається аналогічно, і завершений формалізований опис пляшки має вираз $F_B = F_C \cup F_K \leq 0$.

У загальному випадку, при розгляді переміщень у загальній системі O_{xyz} , пляшка, разом із власною системою координат $O_b x_b y_b z_b$, утворює складний рух. Перехід від системи координат O_{xyz} до $O_b x_b y_b z_b$ та навпаки, при моделюванні динамічних переміщень пляшки, доцільно робити у однорідних системах координат. Матричний запис такого перетворення [1]:

$$M(R) = M(R_b) = \Pi(\alpha)\Pi(u)M(R_b), \quad (5)$$

де $M(R) = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix}^T$ – матриця, що задає координати довільної точки тіла в загальній системі координат O_{xyz} і відповідає вектору $\dot{r}(x, y, z, t)$; $M(R_b) = \begin{bmatrix} x_b & y_b & z_b & 1 \end{bmatrix}^T$ – матриця, що відповідає вектору $\bar{r}_b(x_b, y_b, z_b, t)$ і задає координати цієї ж точки у власній системі координат пляшки $O_b x_b y_b z_b$; $\Pi(u)$ та $\Pi(\alpha)$ – матриці, відповідно, лінійних переміщень та поворотів власної системи координат $O_b x_b y_b z_b$ в загальній O_{xyz} .

Параметри контактної взаємодії ПЕТ пляшки із робочими поверхнями системи, опис яких проводили аналогічно, визначали на основі розв'язку контактної задачі Герца. Розроблені формалізовані моделі об'єктів дозволяють реалізувати алгоритми зближення та контактної взаємодії, силові параметри якої визначали із розв'язку рівнянь Лагранжа 1 роду, де динаміка лінійних переміщень розглядалась в базовій системі координат O_{xyz} , а динаміка кутових – у власній системі $O_b x_b y_b z_b$ [2].

Література

1. Рогатинський Р., Дмитрів О., Дмитрів Д., Никеруй Ю. Позиціонування складних рухомих об'єктів. Матеріали IV-ої міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій“ присвяченій 80-ти річчю з дня народження професора Я. І. Проця. Тернопіль. 2019. С. 226–228.
2. The dynamic simulation model of apples contact interaction/Rogatynskyi R., Hevko R., Nykerui Y., Dmytriv O., Rozum R./ Bulletin of the Karaganda university MATHEMATICS Series № 4(96)/2019,