

7. Черникова Ю., Самохвалова О.В. Влияние микробных полисахаридов кампана и энпосана на технологический процесс производства бисквита // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky Volume 2. – No. 5/2014. – p.40-43
8. Луньова О.С., Кучерук З.І. Дослідження реологічних показників безбілкового тіста для дієтичних сортів хліба // Праці 1 Всеукраїнської конф. студентів та аспірантів «Сучасні технології хімічних та харчових виробництв». – Дніпропетровськ: ДНУ, 2008. – С. 22.

УДК 621.798

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВ В ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Гуць В.С., д-р техн. наук, професор, Губеня О.О., канд. техн. наук, доцент, Сергийчук Р.В.
(Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина)

При проектировании оборудования для транспортирования, упаковки, разных механических процессов важным является понимание механизма движения грузов по горизонтальным и наклонным поверхностям технологического оборудования под действием разных по своим характеристикам движущих сил.

Перемещение груза может происходить под действием движущей силы, которая передается через рабочий орган грузу для придания ему движения с необходимой скоростью, на определенное, в зависимости от конструктивных особенностей упаковочной линии, расстояние. Например, груз необходимо перемещать так, чтобы он остался невредимым, и попал в устройство захвата или фиксации рабочими органами упаковочной машины.

Цель исследований – определить законы движения грузов при их перемещении по разным поверхностям под действием движущей силы, и на основании полученных законов определить работу и мощность на перемещение.

Рассмотрим движение груза под действием движущей силы по наклонной (рис. 1) поверхности.

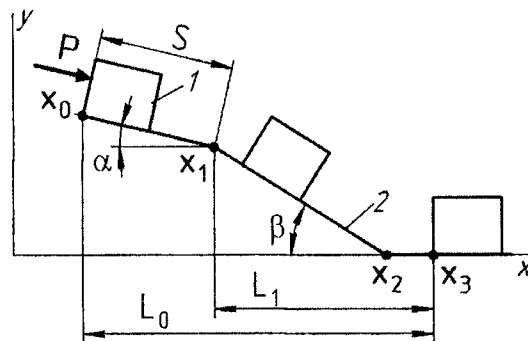


Рисунок 1 – Перемещение груза по наклонной поверхности

P - движущая (толкающая) сила; α - угол наклона поверхности, по которой груз перемещается под действием движущей силы; β - угол наклона поверхности, по которой груз двигается самостоятельно; L_0 - расстояние, на которое перемещается груз; L_1 - расстояние, на которое груз перемещается самостоятельно без помощи движущей силы; S - путь перемещения

В общем случае дифференциальное уравнение движения запишем для малых скоростей перемещения без учета сопротивления воздуха:

$$P(t) = fmg \cos \alpha - mg \sin \alpha + m \frac{d^2 s}{dt^2} \quad (1)$$

где P - движущая сила; m - масса груза; f - коэффициент трения.

Движущая сила должна обеспечить перемещение груза на заданное конструктивными потребностями упаковочной линии расстояние L_0 , или обеспечить движение груза с определенной скоростью. При этом энергетические расходы должны быть минимальные.

Движущая сила может быть постоянной $P = const$, изменяться по линейному $P = a - bt$ или нелинейному $P = a - b/t^2$ законами, в импульсном или других режимах.

Если движение происходит по горизонтальной поверхности, то, решив уравнение 1 при начальных условиях $t=0 \Rightarrow S(0)=0; V(0)=0$, получим перемещение $S(t)$ и соответствующую скорость движения.

Для $P = \text{const}$, $\cos \alpha = 1$; $\sin \alpha = 0$:

$$S(t) = \frac{(P - fmg)t^2}{2m} \quad (1)$$

$$V(t) = \left(\frac{P}{m} - fg\right)t \quad (2)$$

Для $P = a - bt$:

$$S(t) = \left(\frac{a - mfg}{2m}\right)t^2 - \frac{bt^3}{6m} \quad (3)$$

$$V(t) = \frac{(a - mfg)t}{m} - \frac{bt^2}{2} \quad (4)$$

Для $P = a - b_1 t^2$:

$$S(t) = \left(\frac{a - mfg}{2m}\right)t^2 - \frac{bt^4}{12m} \quad (5)$$

$$V(t) = \left(\frac{a - mfg}{m}\right)t - \frac{bt^3}{3m} \quad (6)$$

Если движение происходит по наклонной поверхности, то:

Для $P = \text{const}$:

$$S(t) = \frac{1}{2} \frac{(mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha + P)t^2}{m} \quad (7)$$

Для $P = a - bt$:

$$S(t) = \frac{\frac{1}{2}mg \sin \alpha t^2 - \frac{1}{2}fmg \cos \alpha t^2 + \frac{at^2}{2} - \frac{bt^3}{6}}{m} \quad (8)$$

Для $P = a - b_1 t^2$:

$$S(t) = \frac{\frac{1}{2}mg \sin \alpha t^2 - \frac{1}{2}fmg \cos \alpha t^2 + \frac{at^2}{2} - \frac{bt^4}{12}}{m} \quad (9)$$

Выполнив дифференцирование уравнений (7), (8) и (9), найдем скорость движения груза:

$$V(t) = \frac{(mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha + P)t}{m} \quad (10)$$

$$V(t) = \left(g(\sin \alpha - f \cos \alpha) + \frac{a}{m}\right)t - \frac{bt^2}{2m} \quad (11)$$

$$V(t) = \left(g(\sin \alpha - f \cos \alpha) + \frac{a}{m}\right)t - \frac{bt^3}{3m} \quad (12)$$

В случае, когда известна начальная скорость V_1 , с которой груз попадает на поверхность в точку x_1 , и на него не действует движущая сила, уравнение движения:

$$fg \cos \beta - g \sin \beta + \frac{d^2 s}{dt^2} = 0 \quad (13)$$

При начальных условиях $t=0 \Rightarrow S(0)=0; V(0)=V_1$, получим его решение:

$$S(t) = \frac{t^2}{2} (g \sin \beta - fg \cos \beta) + V_1 t \quad (14)$$

Выполнив дифференцирование, найдем скорость движения:

$$V(t) = t(g \sin \beta - fg \cos \beta) + V_1 \quad (15)$$

Груз остановится, когда $V=0$. Тогда из уравнения (14) найдем необходимое для этого время t . Подставив его в уравнение (14), найдем перемещение S до остановки, как функцию от V_1, t, f, β .

Работа A , расходуемая для перемещения:

Для $P = \text{const}$:

$$A_1 = \int_0^{t_1} P(t) ds(t) = \int_0^{t_1} Pt \left(\frac{P}{m} - fg \right) dt = \frac{Pt_1^2}{2} \left(\frac{P}{m} - fg \right) \quad (16)$$

Для $P = a - bt$:

$$A_2 = \int_0^{t_2} P(t) ds(t) = \int_0^{t_2} (a - bt) \left(\frac{at}{m} - fg - \frac{bt^2}{2} \right) dt = \frac{1}{8} b^2 t_2^4 - \frac{ab}{3} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{m} \right) t_2^3 + \frac{1}{2} \left(\frac{a^2}{m} + bfg \right) t_2^2 - afg t_2 \quad (17)$$

Для $P = a - b_1 t^2$:

$$A_3 = \int_0^{t_3} (a - b_1 t^2) \left(\frac{at}{m} - fgt - \frac{bt^3}{3m} \right) dt = \frac{b^2 t_3^6}{18m} + \frac{t_3^4}{4} \left[b \left(fg + \frac{a}{m} \right) - \frac{ba}{3m} \right] + \frac{at_3^2}{2} \left(\frac{a}{m} - fg \right) \quad (18)$$

Когда при выполнении инженерных расчетов необходимо определить расходы энергии на единицу времени - мощность, тогда нужно провести дифференцирование уравнений (20-22),

В первом случае, когда $P = \text{const}$:

$$N_1 = \frac{dA_1}{dt_1} = P \left(\frac{P}{m} - fg \right) t_1 \quad (19)$$

Для $P(t) = a + bt$:

$$N_2 = \frac{dA_2}{dt_2} = \frac{b^2 t_2^3}{2m} + \frac{t_2^2 b}{m} \left(-\frac{3a}{2} + fmg \right) + t \left(\frac{a^2}{m} - afg \right) \quad (20)$$

Для $P(t) = a + bt^2$:

$$N_3 = \frac{dA_3}{dt_3} = \frac{1}{3} \frac{b^2 t_3^5}{m} + \left(-\frac{ab}{3m} - b \left(\frac{a}{m} - fg \right) \right) t_3^3 + a \left(\frac{a}{m} + fg \right) t_3 \quad (21)$$

Разработанные математические модели позволяют рассчитать скорость движения, перемещение груза, энергетические расходы на перемещение в зависимости от типа и ориентации поверхности трения, времени движения, типа движущего механизма и закона изменения движущей силы. Научная новизна заключается в получении ряда математических моделей движения груза на основании дифференциальных уравнений движения второго порядка. Результаты целесообразно применять при проектировании упаковочного оборудования и поточных линий производства пищевых продуктов, а также для внедрения энергохранищих технологий.

Литература

1. Гуць В.С. (2001), Енергетика механічних процесів пакування, Упаковка, 6, с. 20-22.
2. Гуць В.С., Коваль О.А., Губеня А.А. (2011), Перемещение груза рабочими органами технологического оборудования, Упаковка, 3, с. 39-40
3. Gubenia O., Guts V. (2010), Modeling of cutting of food products, Journal of EcoAgriTourism, 6, pp. 67-71.
4. Goots V., Gubenia O., Lukianenko B. (2013), Modeling of cutting of multilayer materials, Journal of food and packaging Science, Technique and Technologies, 2(2), pp. 294-299.
5. Viktor Guts, Oleksiy Gubenia, Stefan Stefanov, Wilhelm Hadjiiski (2010), Modelling of food product cutting, 10th International conference "Research and development in mechanical industry-2010", Donji Milanovac, Serbia, 2, pp. 1100-1105.