

А.П. БЕСПАЛЬКО, канд. техн. наук,
Г.Р. ВАЛИУЛИН, А.П. КРИВОПЛЯС,
В.М. ЛЮБИМОВ, инженеры

КОЭФФИЦИЕНТЫ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

При расчёте и проектировании машин для погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских (ПРТС) операций с тарно-штучными грузами одним из наиболее важных параметров является коэффициент трения скольжения опорной поверхности тары груза о несущие плоскости. При этом в ряде случаев важное значение имеют не только величины коэффициентов трения, но и характер их изменения в зависимости от скорости скольжения, удельного давления и других факторов.

В отдельных публикациях [4, 5] содержится крайне мало сведений о коэффициентах трения скольжения тары для пищевых продуктов по различным поверхностям. В связи с этим на кафедре “Детали машин” КТИПП проведены эксперименты по определению коэффициентов трения для широко применяемых в пищевой промышленности видов тары. Исследования проводились на экспериментальной установке, спроектированной и изготовленной в лаборатории этой кафедры [7].

Методикой эксперимента предусматривалось исследование опытных образцов в условиях, близких к натурным (по скоростям скольжения, удельным давлениям, параметрам окружающей среды и т.д.). При этом основным фактором, влияющим на характер изменения коэффициентов трения в эксперименте, являлась скорость скольжения образца по несущей плоскости; удельные давления (1400 Н/м^2) и параметры окружающей среды (закрытое помещение) в пределах опыта оставались неизменными.

Эксперименты проводились со следующими видами тары, применяемой для упаковки пищевых продуктов: ящики дощатые (ГОСТ 13360-67); ящики фанерные (ГОСТ 10131-68); ящики картонные, (ГОСТ 13511-68), мешки бумажные многослойные (ГОСТ 2227-65); мешки тканевые I категории (ГОСТ 8516-67).

В качестве несущих плоскостей использовались стальная лента (ГОСТ 15580-70) и новая конвейерная лента тканевая прорезиненная (ГОСТ 20-62).

С каждой парой трения проводили 5 серий опытов (по 10 замеров каждой серии). Полученные данные измерений наносили на вероятностную бумагу [8]. В результате исследований было установлено, что распределение случайных ошибок измерений в опыте близко к нормальному. При известной выборке и принятой доверительной вероятности определяли доверительный интервал. При этом число измерений (выборку) определяли по выражению [6]

$$N = \sum_{i=1}^n m_i \quad (1)$$

где N – число измерений; n – число серий измерений; m_i - количество измерений в каждой серии.

Среднее арифметическое значение измерений определяли по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n m_i x_i \quad (2)$$

где \bar{x} – среднее арифметическое значение;

\bar{x}_i – среднее значение каждой серии измерений.

Среднее квадратичное отклонение S_i^* измеряемых величин от их среднего значения \bar{x}_i для каждой серии определяли по формуле:

$$S_i^* = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2} \quad (3)$$

а эмпирический стандарт – по формуле:

$$S_i^* = \sqrt{\frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^n m_i (S_i^*)^2} \quad (4)$$

Доверительный интервал (или доверительная оценка истинного значения измеряемой величины) определялся по правилу “трёх сигм”:

$$(a-x) < \frac{3S}{\sqrt{N}} \quad (5)$$

Эксперименты каждой парой трения проводились при десяти различных значениях скорости скольжения в диапазоне 0 – 3 м/с. Разброс

значений для всех исследуемых пар трения при использовании стальной ленты не превышал $\pm 3\%$ от среднего арифметического значения.

Для упрощения математической модели процесса методом наименьших квадратов была проведена линейная аппроксимация зависимости коэффициента трения от скорости скольжения образцов по стальной ленте (для всех вышеуказанных видов тары).

При этом принята функция вида:

$$f(\dot{x}) = f_0 \pm kx \quad (6)$$

где f_0 – коэффициент трения покоя; \dot{x} – относительная скорость скольжения образца, м/с; k – коэффициент пропорциональности, с/м. (Знак “плюс” принят для возрастающей зависимости, “минус” – для убывающей).

Результаты линейной аппроксимации приведены на рис. 1 и 2.

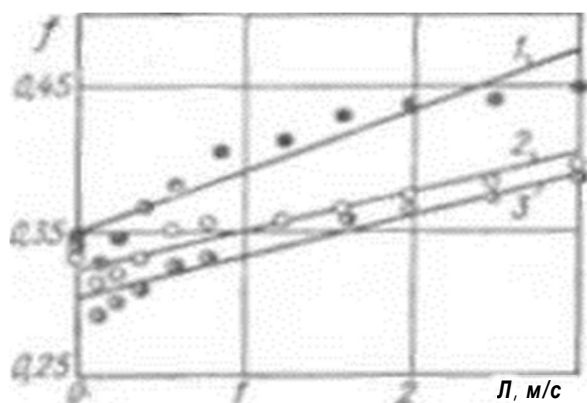


Рис. 1. Графики аппроксимаций функциональной зависимости:
 1 — $f = 0,34 + 0,026x$ (дерево поперек волокон — сталь); 2 — $f = 0,37 + 0,022x$ (фанера — сталь); 3 — $f = 0,35 + 0,039x$ (картон — сталь).

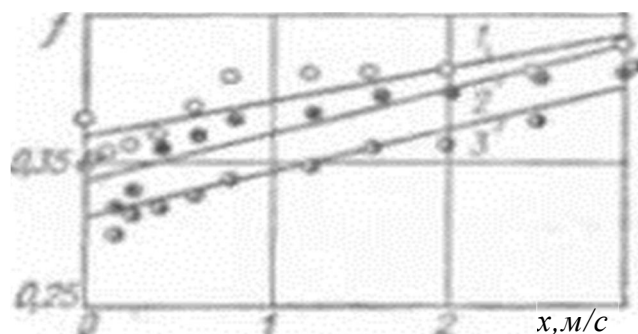


Рис. 2. Графики аппроксимаций функциональной зависимости:
 1 — $f = 0,32 + 0,029x$ (мешок бумажный — сталь); 2 — $f = 0,32 + 0,029x$ (дерево вдоль волокон — сталь); 3 — $f = 0,33 + 0,022x$ (тканевый — сталь).

При использовании тканевой прорезиненной конвейерной ленты в опытах обнаружился существенный разброс значений коэффициентов трения скольжения, вызванный неоднородностью поверхности ленты. В результате эффект изменения коэффициентов трения от скорости скольжения в опытах скрадывался. Для инженерных расчетов с достаточной степенью точности

можно принять следующие численные значения коэффициентов трения испытываемых образцов по листовой стали:

Испытуемый образец	Коэффициент трения скольжения
Мешок тканевый	0,53 – 0,57
» бумажный	0,41 – 0,45
Картон	0,53 – 0,61
Дерево вдоль волокон	0,53 – 0,58
» поперёк »	0,55 – 0,62
Фанера	0, 50 – 0, 54

Таким образом, полученные результаты имеют практическое значение при расчёте узлов передачи единицы груза с одной несущей плоскости на другую. Последние являются ключевыми в погрузочно-разгрузочных, пакетформирующих и других складских машинах (например, передача единицы груза с ленты конвейера на лоток, на стол-накопитель, на подол и т.д.; сталкивание груза со стола-накопителя на поддон или с ленты конвейера на приёмный стол; сталкивание груза со стола-накопителя на поверхность штабеля и т.д.). Проектирование таких узлов с оптимальными параметрами эксплуатации (закон движения единицы груза [3], величина скорости и ускорения, время срабатывания устройства, линейные размеры рабочих поверхностей несущих плоскостей [1, 2]) в значительной мере определяет рациональную схему машины, её производительность и экономичность.

Получение зависимостей для расчёта вышеперечисленных параметров [5, 6, 8] основано на математическом моделировании процесса движения груза (непрерывно с учётом фактора трения скольжения).

Литература

1. Беспалько А.П., Кривопляс А.П. Исследование процесса сталкивания затаренных пищевых продуктов с неподвижной плоскости на подвижную.

- Реферативная информация о законченных научно- исследовательских работах в вузах УССР. – В сб.: Пищевая промышленность. Вып. 8. К., “Вища школа”, 1974, с. 59 – 60.
2. Беспалько А.П., Кривопляс А.П. Перемещение мешкотарных грузов с подвижной несущей плоскости на неподвижную в складских и погрузочных машинах, - “Механизация и автоматизация производства”, 1937, № 6, с. 7 – 8.
 3. Жураховский В. А., Кривопляс А.П. Расчёт оптимальных законов движения штучных грузов под действием толкателя при ограничении динамических нагрузок. – “Вестник машиностроения”, 1974, № 9, с. 49 – 52.
 4. Кичигин Н.М., Новогурский И. И. О коэффициентах трения мешков с сахаром по различным поверхностям. – “Сахарная промышленность”, 1971, № 2, с. 28 – 29.
 5. Прилуцький І.І., Єфіменко В.Ф. Укладання мішків з цукром у штабелі новимивязками.– “Харчова промисловість”, 1973, №3, с. 56 – 58.
 6. Румшицкий Л.Л. Математическая обработка результатов эксперимента.Справочное руководство. М., “Наука”, 1971, 192 с.
 7. Установка для исследования зависимости силы трения от скорости скольжения затаренных пищевых продуктов. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. – В сб.: Пищевая промышленность. Вып. 8. К., “Вища школа”, 1974, с. 58 – 59. Авт.: Беспалько А.П., Валиулин Г.Р., Кривопляс А.П., Любимов В.М.
 8. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М., “Мир”, 1972, 381 с.

Поступила 7 февраля 1975 г.