

Исследование надежности машин для упаковывания вязкой пищевой продукции в потребительскую тару

Александр Гавва, Сергей Токарчук

Research of reliability of cars for packing of viscous food products in a retail container: Results of research of complex indicators of reliability of cars for packing of viscous foodstuff are presented to different types of a retail container. Nature of failures of functional modules of cars is analyzed and values of an availability quotient of each of them for concrete samples of the equipment are defined. Results of researches can be used to increase of reliability and productivity of packing machines for viscous foodstuff and determination of rational parameters of their functional modules.

Key words: *packing, viscous products, reliability, availability quotient, functional module.*

ВВЕДЕНИЕ.

Процесс упаковывания предусматривает гарантированное получение необходимого количества упакованной продукции заданного качества. Оценку результата этого процесса осуществляют по показателям эффективности работы упаковочной машины (УМ). Показатели эффективности принято разделять на экономические и технические. Для оценки экономического эффекта работы в основном используются показатели стоимости. К ним относятся: капитальные затраты на создание ПМ которые зависят от стоимости отдельных ФМ; удельные приведенные расходы, то есть затраты на единицу продукции, которые зависят от себестоимости изготовления одного изделия и удельных капитальных затрат на производственные фонды; себестоимость изготовления единицы продукции, при определении которой учитывается трудоемкость изготовления изделия, поминутная зарплата рабочего, амортизационный коэффициент и тому подобное.

Применение экономических показателей не дает точной оценки эффективности работы УМ в связи с отсутствием непосредственной связи между этими показателями и конструктивными особенностями машины. Поэтому важным является использование именно технических показателей эффективности. К ним относят исходные эксплуатационные показатели, характеризующие функциональное назначение УМ. К основным техническим эксплуатационным показателям относятся надежность, производительность, функциональная точность, гибкость, энергозатраты, технологичность и т. д.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Надежность - это свойство УМ сохранять в заданном интервале времени в заданных пределах значения всех параметров, характеризующие её способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Надежность характеризуется такими показателями как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохранность. Безотказность - свойство объектов непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение определенного времени. Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до возникновения предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта, то есть такого состояния, при котором дальнейшее использование объекта по назначению или восстановления его работоспособного состояния недопустимо или нецелесообразно. Ремонтпригодность - свойство объекта, заключающееся в его пригодности к предотвращению и выявлению отказов и повреждений, а также поддержания и восстановления работоспособности состояния путем проведения технических обслуживаний и ремонтов. Сохранность - свойство объекта сохранять

значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности во время и после хранения и транспортировки [1].

Для оценки УМ наиболее широко используются комплексные показатели надежности, которые характеризуют, как и ее безотказность, так и ремонтпригодность. К комплексным показателям надежности относится, прежде всего, коэффициент готовности K_g , который определяет вероятность того, что УМ будет в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, во время которых ее использования по назначению не предусмотрено. Определение действительного значения готовности K_g каждого отдельного функционального модуля (ФМ) открывает пути к повышению надежности и производительности УМ в целом, а значит и к повышению эффективности производства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Величина коэффициента готовности K_g рассчитывается как:

$$K_g = \frac{m_t}{m_t + m_b}, \quad (1)$$

де m_t – среднее время наработки на отказ функционального модуля;

m_b - среднее время восстановления работоспособности функционального модуля,

$$\text{или} \\ K_g = P_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda_i}{\mu_i} \right)}, \quad (2)$$

де P_0 - вероятность нахождения УМ в работоспособном состоянии;

μ_i – интенсивность восстановления работоспособности УМ;

λ_i – интенсивность отказов УМ.

В производственных условиях надежность можно определить по методике, которая предусматривает проведение хронометража работы и простоев машины и заключается в регистрации периодов ее работоспособности (выпуск изделий требуемого качества и с заданной производительностью) и неработоспособности (отклонение значений параметров от заданных требований, остановка работы) состояний [2]. Неработоспособное состояние наступает тогда, когда возникают неисправности при работе ее функциональных модулей, то есть наступает отказ. Необходимость налаживания хотя бы одного из функциональных модулей вызывает остановку всей машины.

Объектами исследования были избраны существующие образцы действующих УМ [3], среди них такие как: ПВ1 - для упаковывания в жесткую тару (полимерные ведра); МА-500 - для упаковывания в мягкую тару (пакет); АТЛ - для упаковывания в полужесткую тару (полимерные и алюминиевые тубы) и др.

Сбои в работе дозатора, связанные с отклонением массы дозы продукта, регулируются без остановки работы машин, поэтому продолжительность восстановления работоспособности принимается равной времени, затраченному на изготовление или подачу одной упаковки.

Производительность исследуемых машин варьировалась в зависимости от их типа и не превышала 120 уп. / мин. [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе наблюдения за работой машин для упаковки вязкой продукции был выявлен ряд характерных для упаковочных машин этого типа видов отказов (табл.1).

Исходя из хронометража работы УМ, были определены периоды безотказной работы машин и длительность восстановления работоспособности каждого из функциональных модулей.

Таблица 1. Характерные отказы функциональных модулей машин для упаковывания вязких пищевых продуктов

Функциональный модуль создавший отказ	Вид отказа	
Дозатор	S1	Нарушение точности дозирования, прокапывание продукта
Механизм подачи, аккумуляции упаковочного материала	S2	Смещение, замятие пленки упаковочного материала
Рукавообразователь	S3	Образование складок
Механизм продольного сваривания	S4	Некачественный сварной шов (изменение температуры сварки, попадания продукта на сварные губки, недостаточное усилие прижима, разрыв пленки)
Механизм поперечного сваривания	S5	
Механизм выделения, подачи и ориентации единичной тары	S6	Деформирования тары, нарушение точности позиционирования тары
Механизм раскрытия пакета	S7	Неполное раскрытие пакета
Механизм внутремашинного перемещения тары	S8	Нарушение точности позиционирования, деформирование упаковочного материала/тары
Механизм подачи основного закупоривающего средства	S9	Деформирования укупорочного средства, нарушение точности позиционирования укупорочного средства
Механизм герметизации свариванием	S10	Деформация/разрушения укупорочного средства, некачественная герметизация тары
Механизм датирования	S11	Нечеткий печать, перекося печати
Механизм этикетирования	S12	Деформация этикетки, перекося этикетки
Механизм подачи дополнительного закупоривающего средства	S13	Деформирование укупорочного средства, нарушение точности позиционирования укупорочного средства
Механизм герметизации прижатием	S14	Деформация/разрушение укупорочного средства, некачественная герметизация тары
Механизм выведения тары	S15	Деформирование тары, падение упаковки
Блок управления	S16	Несрабатывание датчиков

На основе временных промежутков для каждого ФМ определено среднее время наработки на отказ, среднее время восстановления ФМ, и коэффициент готовности каждого ФМ. Так обработанные и рассчитаны характеристики надежности ФМ упаковочной машины ПВ1 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики надежности ФМ машины ПВ1

	Функциональный модуль	Интервалы безотказной работы, мин.	Срок восстановления, мин.	m_{cp}	m_{np}	$K_{Г1}$	$K_{вГ1}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Механизм выделения и подачи тары	47-84-115-132	2-3-3-3	94,5	2,75	0,972	0,028

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Механизм внутремашинного перемещения	114-181-93	2-2-3	129,3	2,3	0,983	0,017
3	Дозатор	68-93-122-84-141	3-3-3-3-3	101,6	3	0,971	0,029
4	Механизм подачи крышки	128-162	3-3	145	3	0,98	0,02
5	Механизм герметизации	59-87-141-152-97	3-4-4-3-5	107,2	3,8	0,966	0,034
6	Механизм этикетирования	66-92-131-87-95	4-2-3-4-4	94,2	3,4	0,965	0,035
7	Механизм датирования	251-320	5-6	285,5	5,5	0,981	0,019
8	Блок управления	363-282	8-10	322,5	9	0,973	0,027

где m_{cp} - среднее время наработки на отказ, мин.; m_{np} - средняя продолжительность восстановления работоспособности (продолжительности простоя), мин.; $K_{Г1}$ - коэффициент готовности каждого функционального модуля $K_{Г1}$ - коэффициент относительной готовности ФМ.

На основе полученных данных сделаем сравнительный анализ надежности исследуемых машин и их ФМ (рис. 1, 2). По оси O-X отражено порядковые номера функциональных модулей (в соответствии с табл.2), а по оси O-Y отражено значение коэффициента готовности.

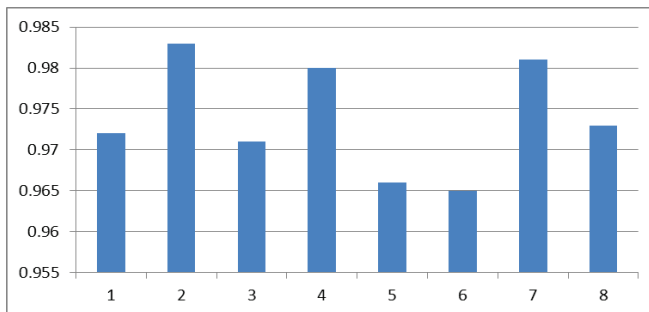


Рис. 1. Гистограмма надежности ФМ машины ПВ1 для упаковывания в жесткую тару

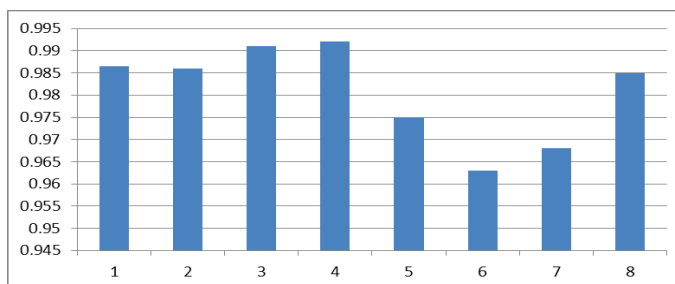


Рис.2. Гистограмма надежности ФМ машин МА-500 для упаковывания в мягкую тару

Полученные гистограммы позволяют оценить надежность рассмотренных функциональных модулей для представленных образцов упаковочных машин. К наименее надежных модулей из множества рассмотренных можно отнести: механизм герметизации и датировки туб, механизм переориентации тубы; механизм подачи и протяжки упаковочного материала. Это обусловлено как определенной несовершенством конструкций модулей, так и определенными особенностями технологических операций и характеристиками упаковочных материалов.

На основе полученных данных определен коэффициент готовности машин в целом:

- ПВ1

$$K_{Г.М} = \left(1 + \frac{\left(\left(\frac{1}{0,972} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,983} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,971} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,98} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,966} - 1 \right) + \dots \right)}{\left(\left(\frac{1}{0,965} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,981} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,973} - 1 \right) \right)} \right)^{-1} = 0,822$$

- МА-500

$$K_{Г.М} = \left(1 + \frac{\left(\left(\frac{1}{0,9865} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,986} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,991} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,992} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,975} - 1 \right) + \dots \right)}{\left(\left(\frac{1}{0,963} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,968} - 1 \right) + \left(\frac{1}{0,965} - 1 \right) \right)} \right)^{-1} = 0,864$$

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований наряду с определением коэффициентов надежности функциональных модулей упаковочных машин установлено, что для повышения надежности и производительности УМ необходимо определить рациональные параметры таких ФМ как:

- дозирования продукции;
- протягивания полимерной пленки по рабочим поверхностям устройства формирования рукава;
- герметизации упаковки термосвариванием и прижатием упругой крышки;
- внутримашинного транспортирования тары и упаковочных единиц.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пальчевський, Б. О. Дослідження технологічних систем: моделювання, проектування, оптимізація / Б. О. Пальчевський. – Львів: СВІТ, 2001. – 232 с.
- [2] Шаповал О. М. Програмне забезпечення автоматизованого пошуку оптимального компоновання пакувального автомату / Б. О. Пальчевський, О. М. Шаповал // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів, 2010. – № 44. – С. 90–95.
- [3] Гавва О. М. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О. М. Гавва, А. П. Беспалько, А. І. Волчко. – К.: ІАЦ «Упаковка», 2008. – 436 с.

Доклад был рецензирован