

УДК 664.002 (075.8)

Б.И.Коган, А.Л.Майтаков

### НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ПИЩЕВЫХ МАШИН

Для технологического обеспечения надежности функциональных модулей поверхностей элементов кинематических пар и ферм в процессе ремонта после отказов путем создания информационных моделей технологических ремонтных блоков [1] необходимо выполнить идентификацию элементов среды эксплуатации, объектов отказа и трибохарактеристик вышеуказанных модулей.

Среда эксплуатации пищевых машин и аппаратов – это объекты биологического происхождения, свойства которых изменяются в процессе пе-

реработки. Эти свойства исследовались П.А.Ребиндером, А.В.Горбатовым, И.А.Роговым, В.Д.Косым, Л.А.Остроумовым, В.М. Позняковским, В.Н.Иванцом.

Основными параметрами твердых тел являются размеры, форма, плотность и, как следствие, прочность, которая, в определённой мере, зависит от температуры, влажности, энергии разрушения [2].

Основными параметрами сыпучих материалов (зерна, крупы, муки, крахмала, сахара) являются: средние размеры частиц, соотношение веса частиц

Таблица 1. Коды показателей элементов растительной среды эксплуатации пищевых машин и аппаратов

Наименование группы	Код группы	Характеристика	Показатели	Единицы измерений	Код показателя	Интервалы	Код интервала	
Несвязные кусковые	1	Размеры частиц более 3 мм, вес частиц значительно превосходит силы сцепления между ними	Средние размеры частиц	мм	01	0,15-6	1	
						6-12	2	
						12-18	3	
						18-24	4	
						24-30	5	
Несвязные зернистые	2	Мелкодисперсные сухие сыпучие материалы. Образуют углы естественного откоса. Способны к гидравлическому истечению через отверстия, в 5-7 раз превосходящие размер частиц	Усилие раз- давливания	МПа	02	0,025-0,12	1	
						0,12-0,21	2	
						0,21-0,3	3	
						0,3-0,4	4	
						0,4-0,9	5	
				Плотность укладки	10 <sup>3</sup> кг /м <sup>3</sup>	03	0,3-0,54	1
							0,54-0,78	2
							0,78-1,02	3
							1,02-1,26	4
							1,26-1,5	5
Связнотекучие, стабильные, неуплотняющиеся	3	Сухие, сыпучие порошкообразные материалы с низким коэффициентом внутреннего трения, не уплотняющиеся, не меняющие свойств при естественном длительном хранении	Влажность	%	04	10,8-17,2	1	
						17,2-23,7	2	
						23,7-30,1	3	
						30,1-36,5	4	
						36,5-43	5	
				Коэффициент внешнего трения по стали		05	0,34-0,45	1
							0,45-0,56	2
							0,56-0,67	3
							0,67-0,78	4
							0,78-0,9	5
Связные сильно уплотняющиеся, нестабильные	6	Материалы, легко уплотняющиеся под действием собственного веса, с гидростатическими связями между частицами	Коэффициент внутреннего трения		06	0,47-0,49	1	
						0,49-0,51	2	
						0,51-0,53	3	
						0,53-0,54	4	
						0,54-0,55	5	
				Температура	°С	07	20-56	1
							56-92	2
							92-128	3
							128-164	4
							164-200	5

и сил поверхностного взаимодействия между ними, плотность укладки, влажность, твёрдость частиц, когезия, адгезия и температура (табл.1).

Характеристиками жидкообразных, вязкопластичных материалов являются: вязкость (внутреннее трение), консистенция (степень плотности), твёрдость, адгезия, когезия, липкость. Для идентификации показателей элементов животной среды может быть составлена таблица, аналогичная табл. 1.

Идентификация элементов среды эксплуатации выполняется по схеме на рис.1.

На рис.2 показана схема связей среды эксплуатации машин и аппаратов с видами отказов.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями [3] установлена взаимосвязь эксплуатационных показателей деталей машин со стандартизованными (ГОСТ 2789 – 73) параметрами шероховатости их функциональных поверхностей (табл.2).

В научной школе, возглавляемой проф.А.Г.Сусловым, установлены параметры трибохарактеристик, определяющие герметичность соединений, усталостную прочность, износостой-

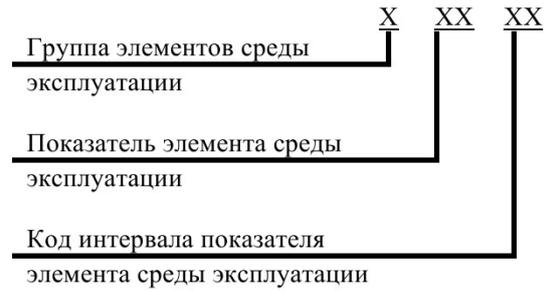
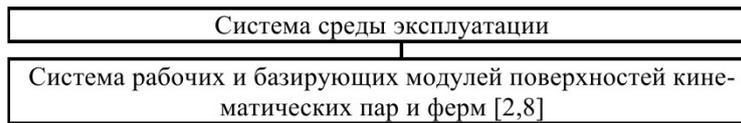


Рис.1. Схема кодирования элементов среды эксплуатации

кость, коррозионную стойкость, прочность посадок и методы их технологического обеспечения [3]. Сформулировано понятие «равновесное состояние поверхности трения» и предложен безразмерный комплексный параметр  $C_x$  для его оценки [3], аналитические выражения и значения для некоторых процессов:

$$C_x = \frac{H_p W_p R_p^4}{S_m^6 U_n^{12} \lambda^6}, \quad (1)$$

где  $H_p$  – высота сглаживания макроотклонения,



Система отказов				
Начальное касание тел	Относительное перемещение	Типовой пример	Наиболее характерный вид разрушения поверхностей	Коды видов отказов
Соприкосновение по линии или в одной точке	Соприкосновение без перемещения		Смятие, фреттинг-процесс	1 2
	Скольжение		Износ, выкрашивание	3 4
	Внедрение, удар		Износ, смятие, поломка	5 6 7
Соприкосновение по поверхности	Скольжение		Износ, выкрашивание	3 4
	Соприкосновение без перемещения		Смятие, фреттинг-процесс	1 2
Соприкосновение по линии или в одной точке	Обкатка (качение без скольжения)		Усталость, смятие, поломка	8 6 7
	Качение со скольжением		Отслаивание, износ и усталость, выкрашивание	3 5 4
Объемный контакт со средой	Обтекание	Контакт с технологической средой	Коррозия	9

Рис.2. Схема связей среды эксплуатации машин и аппаратов с видами отказов

Таблица 2

Эксплуатационные свойства	Параметры шероховатости по ГОСТ 2789-73						Параметры шероховатости, рекомендуемые для обозначения на чертеже (ГОСТ 2.309-73)
	Ra	Rz	Rmax	Sm	S	tp	
Усталостная прочность	+	+	+*	+*	0	+	Rmax, Sm
Износостойкость	+*	+	+	+*	+	+*	Ra, Sm, tp, направление неровностей
Контактная жесткость	+*	+	+	+*	+	+*	Ra, Sm, tp, направление неровностей
Прочность посадки	+*	+	+	+	0	+*	Ra, tp
Герметичность соединений	+*	+	+	+*	+	+*	Ra, Sm, tp, направление неровностей
Коррозионная стойкость	+*	+	+	+*	+*	0	Ra, Sm, S
Контактная прочность	+*	+	+	+*	+	+*	Ra, Sm, tp
Прочность сцепления	+	+*	+	+*	+	+	Rz, Sm,
Электропроводность и теплопроводность	+*	+	+	+*	+*	+*	Ra, Sm, S, tp, направление неровностей
Отражательная способность	+*	+	+	+*	+*	+*	Ra, Sm, S, tp

Примечание: звездочкой отмечены параметры, оказывающие особое влияние на данное эксплуатационное свойство; 0 – данный параметр не влияет на соответствующее эксплуатационное свойство.

мкм;

$W_p$  - высота сглаживания волнистости, мкм;

$R_p$  - высота сглаживания профиля шероховатости, мкм;

$S_m$  - средний шаг неровностей профиля, мм;

$U_n$  - степень наклёпа, %;

$\lambda$  - коэффициент, учитывающий влияние на износ поверхностных остаточных напряжений:

$$\lambda = \left( \frac{\sigma_b - \sigma_{ост}}{\sigma_a} \right)^{t^y}, \quad (2)$$

где  $\sigma_b$  – предел прочности материала, МПа;

$\sigma_{ост}$  – поверхностное остаточное напряжение, МПа;

$\sigma_a$  – действующее значение амплитудного напряжения на поверхности трения, МПа;

$t^y$  - параметр фрикционной усталости при уп-

ругом контакте.

Авторами разработана идентификационная матрица кодов видов взаимодействия (контакта) модулей функциональных поверхностей со средой эксплуатации (табл.3).

В табл. 4 даны значения кодов интервала параметра  $C_x$  (1) (фрагмент), вычисленные для комплекса параметров качества поверхностного слоя, полученных при различных методах обработки.

В данной работе ставятся задачи установления в аналитической форме зависимостей видов и интенсивности отказов идентифицированных объектов эксплуатации от среды эксплуатации, трибохарактеристик, выраженных через комплексный параметр, и обоснования оптимальных методов технологического обеспечения качества модулей поверхностей деталей машин – объектов восстановления.

Использование кодов интервалов  $C_x$  вместо комплексов трибохарактеристик, число которых до 13, позволяет сократить ёмкость информационных моделей.

На рис.3 дана схема кодирования видов дефектов (отказов) модулей поверхностей и детали в целом.

Обычный код объекта восстановления и упрочнения, например, шнека для перемешивания и транспортировки продуктов выглядит так:

- среда эксплуатации: . 1.01.4, табл.1

- вид отказа: . . . . . 3, рис.2;

Код		X	XX	XX	X	X
1	Несоответствие по целостности					
21	Несоответствие 0...0.5					
22	По размерам 0.5 ...2.0					
23	мм свыше 2.0					
31	Несоответствие 0...0.5					
32	По размерам 0.5 ...2.0					
33	мм свыше 2.0					
4	Наличие 1 и 2					
5	нескольких 1 и 3					
6	дефектов 2 и 3					
7	1, 2, 3					
8	По шероховатости					

Рис.3. Схема кодирования видов дефектов модулей поверхностей и детали в целом

Таблица 3

Вид модуля поверхностей	Код	Вид взаимодействия со средой эксплуатации														Неподв. контакт	
		Подвижный контакт															
		продольный односторонний	продольный маятниковый	вращательный односторонний	вращательный с реверсом	вращательный продольно-поперечный	вращательный и продольный	вращательный продольный маятниковый	вращательный с реверсом и продольный	вращательный с реверсом маятниковый	ударный	с твердой сыпучей средой (абразивный)	с жидкой средой (коррозионный и абразивный)	с газообразной средой (коррозионный)	за счет трения	за счет вспомогательных деталей (шпонок, штифтов, заклепок и др.)	
Плоский наружный	112	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	151	152	153	-	-	
Плоский внутренний	111	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	-	155	156	-	-	
Цилиндрич. наружный	122	021	022	023	024	-	026	027	028	029	030	-	-	-	197	198	
Цилиндрич. внутренний	121	031	032	033	034	035	036	037	038	039	040	-	161	162	199	200	
Винтовой наружный	211	-	-	043	044	-	046	047	-	049	050	163	-	-	201	-	
Винтовой внутренний	212	-	-	053	054	-	056	057	058	059	060	166	-	-	203	-	
Винтовой конич. наруж.	221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	205	-	
Винтовой конич. внутр.	222	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	207	-	
Шлицы	317/311	-	092	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	210	
Шпонка	313/314	-	102	-	-	-	-	-	-	-	-	110	-	-	-	212	
РК и К профиль	315/316	111	112	-	-	-	-	-	-	-	-	120	-	-	-	-	
Клин	311	121	122	123	-	-	126	127	128	129	130	-	-	-	-	-	
Шар	411	-	-	-	134	135	136	137	138	139	140	-	-	-	-	-	
Резервуар (лунка)	511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190	191	192	-	-	

- модуль поверхности: . . . . . 211;  
 - вид взаимодействия со средой эксплуатации:  
 . . 163, табл.3;  
 - интервал комплексного параметра: . . . 0217,  
 табл.4;

- виды дефектов: . . 1.22.31.4, рис.3.  
 Такой код принимается за основу при дальнейшем построении (синтезе) виртуальной информационной модели технологического ремонтного блока [1].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коган Б.И., Майтаков А.Л. Основы формирования информационных моделей технологических блоков для обеспечения качества машин и аппаратов пищевых производств/ Новые материалы в технологии машиностроения. Сб. научных трудов БГИТА, Брянск, 2007. - С.58-62.
2. Руднев С.Д. Теоретические аспекты и методы исследований физико-механических свойств материалов биологического происхождения. – Кемерово: КемТИПП, 2006. – 130 с.
3. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений. Под ред. проф. А.Г.Суслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.

□ Авторы статьи:

Коган  
 Борис Исаевич  
 -докт. техн. наук, проф. каф. техно-  
 логии машиностроения

Майтаков  
 Анатолий Леонидович  
 – канд. техн. наук, зав.  
 каф. технологии металлов  
 КемТИПП

