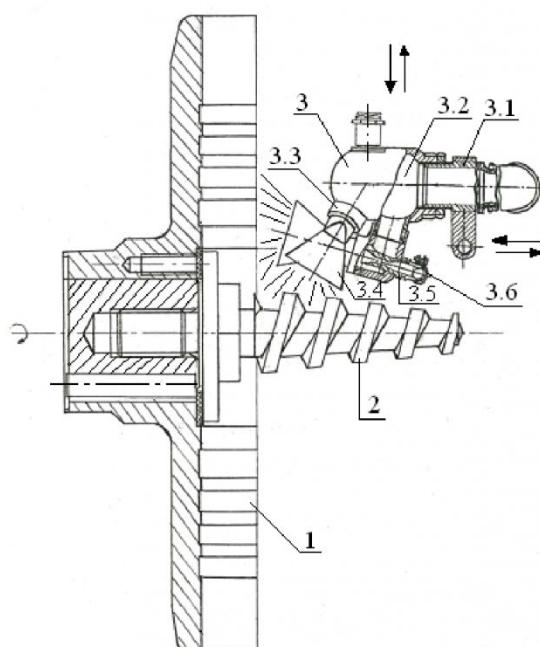


УДК664.002.(075.8)

Б.И.Коган, А.Л.Майтаков

## СТРУЙНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА РАБОЧИХ МОДУЛЕЙ ЭМУЛЬГАТОРОВ И КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ОЦЕНКА ИХ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

Сложные формы функциональных поверхностей рабочих органов эмульгаторов предопределяют различный характер износов и затрудняют процессы восстановления традиционными способами. Рабочие поверхности эмульгатора в виде ребристых торцевых и конических винтовых элементов (рис.1) трудно поддаются равномерному нанесению компенсирующих износ слоёв и упрочнению.



*Рис.1. Технологическая схема струйно-абразивной обработки (САО) рабочих органов эмульгатора: 1 – вращающийся диск эмульгатора; 2 – наконечник; 3 – струйное устройство (3.1 – пульпопровод; 3.2 – распределитель; 3.3 – штуцеры; 3.4 – насадка; 3.5 – разгонные сопла Лаваля; 3.6 – штуцер)*

В результате технологического анализа была выбрана, как один из методов, струйно-абразивная обработка сложнофасонных поверхностей. Экспериментально были определены технологические параметры процесса: давление воздуха – 0,5 МПа, абразивный материал – К3 – 8, углы наклона струи – в пределах 25 - 50°. Элементами системы среды, в которой работает эмульгатор, являются: размеры частиц, усилие раздавливания, плотность укладки, влажность, температура, коэффициент внешнего трения. С учётом комплексного параметра  $C_x$  [1] определяется интенсивность износа и коррозионная стойкость. Для реализации пред-

ложенного способа и экспериментальной обработки полученных данных была использована технологическая схема, представленная на рис.1.

Суспензия по пульпопроводу 3.1, который служит одновременно корпусом устройства, поступает в распределитель 3.2. Из распределителя она через штуцеры 3.3 попадает в насадку 3.4. Сжатый воздух для двух боковых сопел поступает через штуцер 3.3, а для третьего центрального – через штуцер 3.6. Пройдя через специальные разгонные сопла Лаваля 3.5, которыми снабжены все насадки, воздух разгоняется до большой скорости, захватывает поступающую суспензию и смешивается с ней. Смесь воздуха с суспензией повторно разгоняется в разгонных каналах сопел. Такая схема позволяет разгонять суспензию до больших скоростей и получать значительную производительность обработки. За счёт того, что смешивание воздуха с суспензией происходит за пределами сопел Лаваля, достигается минимальный износ деталей устройства.

Принцип двойного индивидуального разгона воздуха и жидкости используется для достижения больших скоростей (100 – 130 м/с) истечения суспензии и снятия значительных припусков. Регулированием режимов истечения суспензии можно обеспечить очистку изношенных поверхностей элементов рабочих модулей эмульгаторов и их упрочнение наклёном.

Практическое значение имеет установление в аналитической форме зависимостей коррозионной стойкости элементов рабочих модулей эмульгаторов (после замены стали 4Х13 на сталь 40Х с улучшением, струйно-абразивной обработки и азотирования) от характеристик элементов среды эксплуатации, исходной и достигаемой шероховатости, а также от некоторых режимов струйно-абразивной обработки (давления воздуха, угла наклона струи в пределах 25 - 50°, зернистости абразивов в суспензии). Толщина азотированного слоя – 0,1 – 0,5 мм, температура азотирования – 570 °C, насыщающая среда – с объёмным содержанием 75% N<sub>2</sub> + 25% Ar, давление – 265 Па. Период испытаний принят равным 2000 час.

По результатам проведённых экспериментов и обработки статистических данных выполнена поэтапно корреляционная оценка влияния вышеуказанных факторов на потерю массы (K):

$$K = 15,33 - 24,4 P_B + 0,348 \varphi + 0,758 Z - 21,67 \delta \quad (1)$$

Коэффициент корреляции R = 0,9525.

В стандартизованном масштабе:

$$K = -0,307 P_B + 0,293 \varphi - 0,286 \delta + 0,124 Z \quad (2)$$

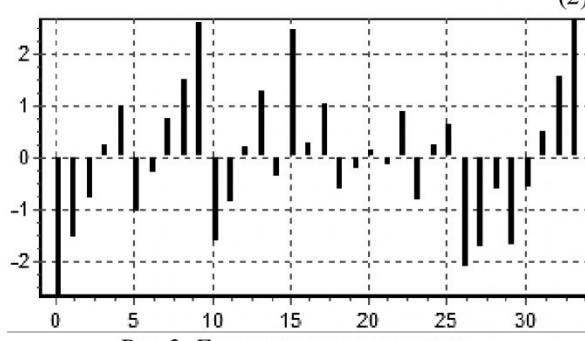


Рис.2. Гистограмма остатков.  
(Значение максимальной ошибки: 2,690;  
Среднестатистическое отклонение: 1,073)

$$K = -0,87 + 14,05 C_{x_{\text{исх}}} + 9,11 C_{x_{\text{кон}}} \quad (3)$$

Коэффициент корреляции  $R = 0,9916$

В стандартизованном масштабе:

$$K = 0,746 C_{x_{\text{исх}}} + 0,246 C_{x_{\text{кон}}} \quad (4)$$

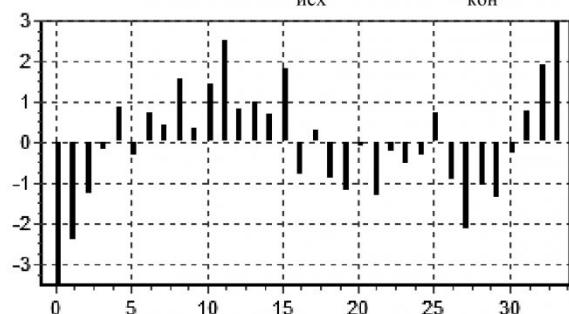


Рис.3. Гистограмма остатков.  
(Значение максимальной ошибки: 3,515  
Среднестатистическое отклонение: 1,131)

$$K = -8,73 + 0,315 A + 11,43 y + 0,234 h + 0,0202 T + 16,29 f \quad (5)$$

Коэффициент корреляции  $R = 0,9997$

В стандартизованном масштабе:

$$K = 0,3202 A + 0,2408 f + 0,2064 h +$$

$$0,1397 y + 0,0963 T \quad (6)$$

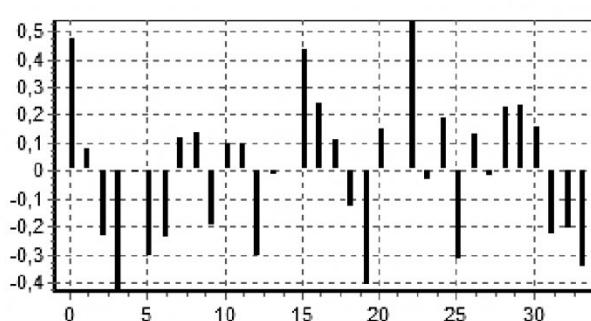


Рис.4. Гистограмма остатков.

(Значение максимальной ошибки: 0,5388  
Среднестатистическое отклонение: 0,2027)

В этих уравнениях:  $K$  – потеря массы,  $\text{г}/\text{мм}^2$ ;  $P_B$  – давление воздуха, Па;  $\varphi$  – угол наклона струи;  $Z$  – зернистость абразива;  $\delta$  – толщина азотированного слоя;  $C_{x_{\text{исх}}}$  – комплексный параметр исходной шероховатости (до САО);  $C_{x_{\text{кон}}}$  – комплексный параметр конечной шероховатости (после САО);  $A$  – размеры частиц;  $y$  – усилие раздавливание;  $h$  – влажность;  $T$  – температура среды;  $f$  – коэффициент внешнего трения.

Ввиду высоких коэффициентов корреляции, характеризующих тесную связь функции и аргументов, квадратичные регрессии в данной статье не приводятся.

В уравнениях в стандартизованном масштабе аргументы расположены по их значимости (см. величины коэффициентов). Знаки при аргументах в стандартизованных уравнениях указывают на характер влияния аргументов на функцию: «+» – увеличение, «-» – уменьшение.

Из уравнений видно преобладающее влияние на  $K$  давления воздуха  $P_B$  при его уменьшении (уравнение 2), конечной шероховатости  $C_{x_{\text{исх}}}$  (уравнение 4), размеров частиц обрабатываемого

Таблица 1. Матрица парных корреляций

Переменные	$K$	$P_B$	$\varphi$	$Z$	$\delta$	$C_{x_{\text{исх}}}$	$C_{x_{\text{кон}}}$	$A$	$y$	$h$	$T$	$f_l$
$K$	1	-0,973	0,977	0,984	-0,974	0,991	0,988	0,995	0,997	0,997	0,993	0,997
$P_B$	-0,973	1	-0,944	-0,982	0,937	-0,968	-0,968	-0,975	-0,973	-0,964	-0,964	-0,964
$\varphi$	0,977	-0,944	1	0,968	-0,959	0,984	0,982	0,969	0,972	0,975	0,969	0,976
$Z$	0,984	-0,982	0,968	1	-0,963	0,985	0,987	0,982	0,982	0,975	0,974	0,978
$\delta$	-0,974	0,937	-0,959	-0,963	1	-0,978	-0,969	-0,968	-0,963	-0,976	-0,968	-0,974
$C_{x_{\text{исх}}}$	0,991	-0,968	0,984	0,985	-0,978	1	0,994	0,988	0,983	0,986	0,983	0,989
$C_{x_{\text{кон}}}$	0,988	-0,968	0,982	0,987	-0,969	0,994	1	0,987	0,983	0,981	0,979	0,984
$A$	0,995	-0,975	0,969	0,982	-0,968	0,988	0,987	1	0,991	0,988	0,981	0,987
$y$	0,997	-0,973	0,972	0,982	-0,963	0,983	0,983	0,991	1	0,994	0,991	0,994
$h$	0,997	-0,964	0,975	0,975	-0,976	0,986	0,981	0,988	0,994	1	0,994	0,997
$T$	0,993	-0,964	0,969	0,974	-0,968	0,983	0,979	0,981	0,991	0,994	1	0,994
$f_l$	0,997	-0,964	0,976	0,978	-0,974	0,989	0,984	0,987	0,994	0,997	0,994	1

продукта A, коэффициента внешнего трения f и влажности h (уравнение 6).

В табл.1 приведена матрица парных корреляций, а на рис.5 – графическое выражение парных зависимостей.

Выполненная работа позволяет сделать следующие выводы:

- струйно-абразивная обработка может служить эффективным методом подготовки под восстановление и упрочнение изношенных рабочих поверхностей пищевых машин, работающих в обычных и агрессивных средах;

- корреляционная оценка влияния на коррозионную стойкость большого числа технологических факторов позволяет определить приоритеты при назначении режимов обработки рабочих модулей для конкретных сред эксплуатации;

- установлены, как пример, соответствующие зависимости для повышения надёжности эмульгаторов.

Полученные выводы позволяют осуществить синтез информационных моделей технологических блоков [1].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майтаков А.Л., Коган Б.И. Основы формирования информационных моделей технологических блоков для обеспечения качества деталей пищевых машин. / Техника и технология пищевых производств. 2009, №1, С.96 - 98

### Авторы статьи

Коган

Борис Исаевич

- докт.техн.наук, проф. каф. технологии машиностроения КузГТУ  
E-mail: [tms@kuzstu.ru](mailto:tms@kuzstu.ru)

Майтаков

Анатолий Леонидович

– канд. техн. наук, зав. каф. технологии металлов КемТИПП  
E-mail: [may@kemtipp.ru](mailto:may@kemtipp.ru)

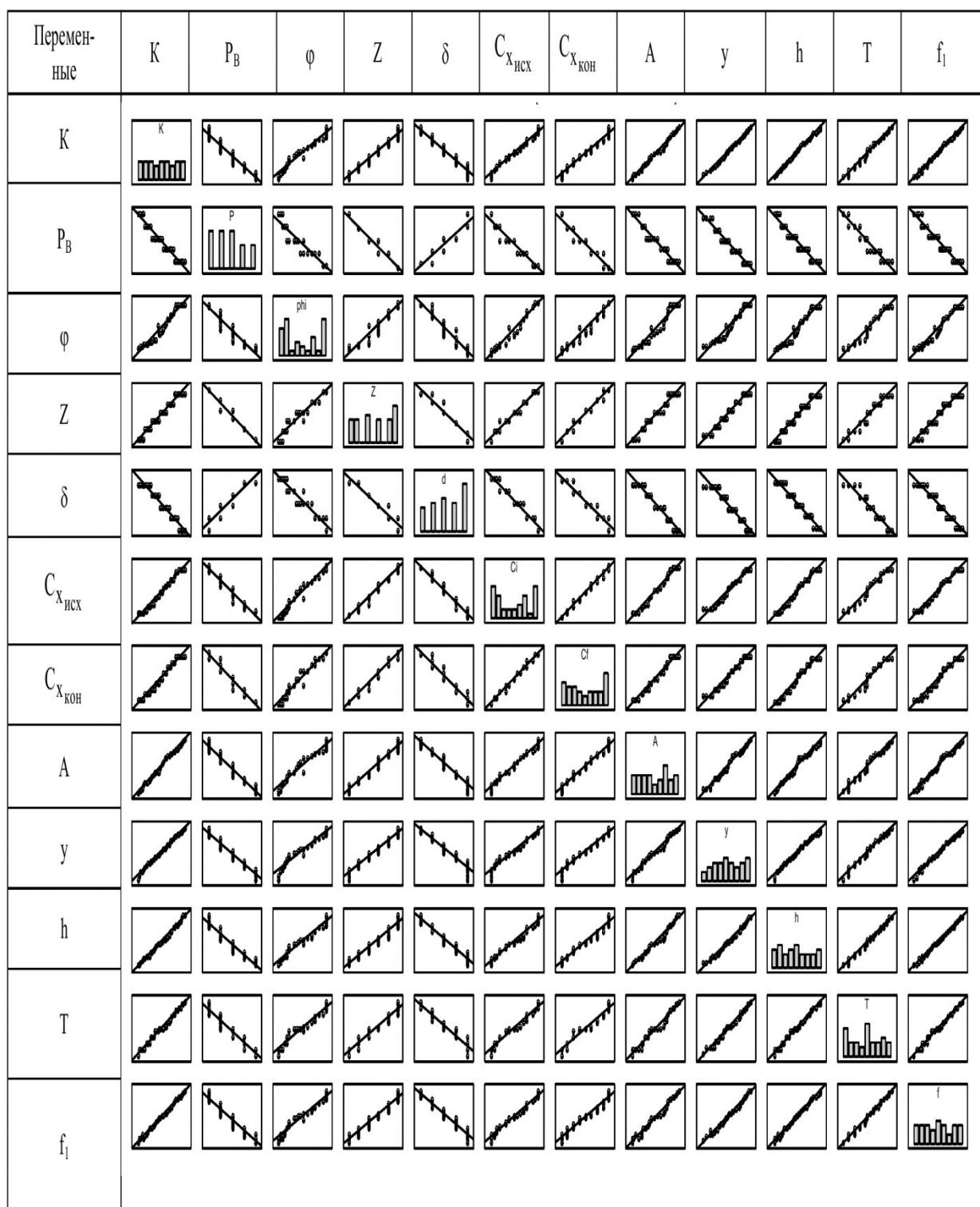


Рис.5. Графические выражения парных корреляций