

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Гатауллин Ильдар Нуруллович*

*г.Казань, Республика Татарстан, кандидат технических наук, доцент*

Определение будущих значений интенсивности коррозионного износа металлических конструкций промышленных зданий и сооружений с целью предупреждения аварийного исхода является жизненно-актуальной задачей. Эта задача может быть успешно решена лишь при наличии достоверных математических моделей, характеризующих сложный коррозионный процесс. Прогнозирование развития коррозионного износа металлических конструкций осуществляется с определенным временем упреждением  $t_y$ , которое является суммой двух слагаемых:

$$t_y = t_H + t_{\text{Э}},$$

где  $t_H$  – время интерполяции – участок кривой, полученный экспериментальным путем;  $t_{\text{Э}}$  – время экстраполяции – участок кривой, определенный методом прогнозирования.

Степень достоверности результатов прогноза зависит от соотношения времени  $t_{\text{Э}}$  и  $t_H$ :

$$k_y = t_{\text{Э}}/t_H,$$

где  $k_y$  – коэффициент временного упреждения.

В основу алгоритма расчета коррозионного износа заложена модель коррозионного износа дробно-параболического вида [1]:

$$\delta(t) = \delta_{KY} \frac{t^2}{T_2^2 + T_1 t + t^2},$$

где  $t$  – время коррозионного износа;  $T_1$  – коэффициент затухания коррозионного износа;  $T_2$  – коэффициент инерции коррозии металла в данной среде;  $\delta_{KY}$  – установившееся значение глубины коррозии;  $\delta(t)$  – функция глубины коррозионного износа металла по времени.

На основе экспериментальных исследований, полученных различными авторами в различных агрессивных условиях, производились сравнительные оценки расчетных и опытных данных по прогнозированию коррозионного износа. Прогнозирование коррозионного износа производилось по трем экспериментальным точкам, а остальные точки использовались для определения погрешности расчета. Относительные погрешности расчета определялись путем сопоставления вычисленных данных с фактическими данными (табл.1-3). А.А. Фархадовым выполнены экспериментальные исследования в условиях периодического смачивания металлических образцов морской водой [2]. Образцы установлены над по-

## Предотвращение аварий зданий и сооружений

верхностью воды и смачивались лишь при волнении моря. Кривая «коррозия – время» получена за период испытания 1210 суток. Испытания проводились на Каспийском море, съем образцов производился четыре раза: через 8 месяцев, 1 год, 2 года, 3 года и 1 месяц. В табл.1 приведены результаты, полученные при прогнозировании по трем экспериментальным точкам. Время интерполяции  $t_H = 2$  года. Расчетные данные развития коррозионного пресса получены на 10 лет. В интервале экстраполяции при  $t_Э = 3$  года и 1 месяц произведена сравнительная оценка расчетных данных прогноза с экспериментальными значениями глубины коррозионного износа  $\delta_4^*$ . Относительная погрешность прогнозирования  $\Delta_4$  для первой кривой «коррозия-время» составляет 8,205%, для второй – 7,083%, а для третьей – 11,778%.

Таблица 1

Результаты расчета развития коррозии стали по трем точкам  
(экспериментальные исследования выполнены в условиях  
периодического смачивания металлических образцов морской водой  
на Каспийском море)

Номер серии эксперимента	Экспериментальные данные		Расчетные данные				
	время коррозии $t$ , годы	глубина коррозии $\delta_K^*$ , мм	$T_1$ , годы	$T_2$ , годы	$\delta_{KV}$ , мм	глубина коррозии $\delta_K$ , мм	относительная погрешность $\Delta_i^*$ , %
1	0,652	0,205	4,967	-0,991	1,289	0,205	0
	1,000	0,259				0,259	0
	2,014	0,400				0,400	0
	3,315	0,583				0,535	8,205
	6,000					0,716	
	8,000					0,803	
	10,00					0,867	
2	0,652	0,235	9,813	-1,692	2,837	0,235	0
	1,000	0,311				0,311	0
	2,014	0,520				0,520	0
	3,315	0,696				0,745	-7,083
	6,000					1,096	
	8,000					1,289	
	10,00					1,444	
3	0,652	0,092	0,314	0,254	0,191	0,092	0
	1,000	0,112				0,122	0,001
	2,014	0,157				0,157	-0,001
	3,315	0,194				0,171	11,778
	6,000					0,181	
	8,000					0,183	
	10,00					0,185	

## Предотвращение аварий зданий и сооружений

Н.П. Жук, А.Ф. Притула, В.А. Притула и Н.Д. Томашев получали экспериментальные данные в течение 10 лет [2]. Испытания проводились в атмосферных условиях, съем образцов производился семь раз: через 1, 2, 3, 4, 6, 8 и 10 лет. В табл.2 приведены результаты, полученные при прогнозировании по трем экспериментальным точкам. Время интерполяции  $t_H = 3$  года. Расчетные данные развития коррозионного износа получены на 10 лет. В интервале экстраполяции ( $3 \leq t \leq 10$ ) произведена сравнительная оценка расчетных данных прогноза с экспериментальными значениями глубины коррозионного износа  $\delta_i^*$ , где  $i=4, 5, 6, 7$ . Относительная погрешность прогнозирования  $\Delta_7$  для первой кривой «коррозия-время» составляет 6,681%, для второй – 5,813%, для третьей – 17,008%.

Таблица 2

Результаты расчета развития коррозии стали по трем точкам  
(экспериментальные исследования выполнены  
в атмосферных условиях)

Номер серии эксперимента	Экспериментальные данные		Расчетные данные				
	время коррозии $t$ , годы	глубина коррозии $\delta_K^*$ , мм	$T_1$ , годы	$T_2$ , годы	$\delta_{KV}$ , мм	глубина коррозии $\delta_K$ , мм	относительная погрешность $\Delta_i^*$ , %
1	1	0,96	3,563	-1,125	3,300	0,960	0
	2	1,32				1,320	0,001
	3	1,60				1,600	0
	4	1,76				1,813	-3,006
	6	2,00				2,112	-5,604
	8	2,20				2,311	-5,066
	10	2,30				2,454	-6,681
2	1	0,850	1,027	0,031	1,750	0,850	0
	2	1,150				1,150	-0,001
	3	1,300				1,300	0,001
	4	1,400				1,390	0,718
	6	1,490				1,493	-0,183
	8	1,495				1,550	-3,667
	10	1,499				1,586	-5,813
3	1	2,00	-0,150	0,815	3,330	2,000	0
	2	2,95				2,950	0,001
	3	3,20				3,200	0
	4	3,50				3,286	6,124
	6	3,85				3,338	13,305
	8	4,00				3,350	16,249
	10	4,04				3,353	17,008

## Предотвращение аварий зданий и сооружений

В табл.3 приведены результаты, полученные при прогнозировании коррозионного износа стальных образцов по трем экспериментальным точкам. Экспериментальные данные получены институтом физической химии на атмосферных коррозионных станциях, расположенных в различных климатических зонах [2]. Испытания были проведены в течение 11 лет, сьем образцов производился четыре раза: через 1 год и 3 месяца, 3 года и 2 месяца, 6 и 11 лет. Время интерполяции  $t_H = 6$  лет. Расчетные данные развития коррозионного износа получены на 30 лет. В интервале экстраполяции ( $6 \leq t_3 \leq 30$ ) при  $t_3 = 11$  лет произведена сравнительная оценка расчетных данных прогноза с экспериментальными значениями глубины коррозионного износа  $\delta_4^*$ . Относительная погрешность прогнозирования  $\Delta_4$  для первой кривой «коррозия-время» составляет 6,999%, для второй – 6,209%, для третьей – 8,054%.

Таблица 3

Результаты расчета развития коррозии стали по трем точкам  
(экспериментальные исследования выполнены  
на атмосферных коррозионных станциях)

Номер серии эксперимента	Экспериментальные данные		Расчетные данные				
	время коррозии $t$ , годы	глубина коррозии $\delta_K^*$ , мм	$T_1$ , годы	$T_2$ , годы	$\delta_{KV}$ , мм	глубина коррозии $\delta_K$ , мм	относительная погрешность $\Delta_i^*$ , %
1	1,250	0,076	0,232	1,284	0,153	0,076	0
	3,167	0,127				0,127	0,002
	6,000	0,142				0,142	-0,002
	11,000	0,159				0,148	6,999
	16,000					0,150	
	20,000					0,150	
	30,00					0,151	
2	1,250	0,027	3,371	1,350	0,123	0,027	0
	3,167	0,056				0,056	0,002
	6,000	0,077				0,077	0,001
	11,000	0,088				0,093	-6,209
	16,000					0,101	
	20,000					0,105	
	30,00					0,111	
3	1,250	0,034	2,975	-0,961	0,094	0,034	0
	3,167	0,051				0,051	0,001
	6,000	0,064				0,064	0
	11,000	0,081				0,074	8,054
	16,000					0,080	
	20,000					0,082	
	30,00					0,086	

Анализ полученных результатов расчета в зоне интерполяции показал, что аппроксимация трех экспериментальных точек с помощью дробно-параболической модели дает ничтожно малые погрешности ( $\Delta_{max} = 0,004$ ). Участки экстраполяции, определенные по трем точкам, вполне удовлетворительные. Опытным путем на основе соответствующей обработки значительных массивов расчетных данных (полученных с помощью ЭВМ) нами определена зависимость средней погрешности прогнозирования  $\Delta_{cp}$  от коэффициента временного упреждения  $k_v$  в виде уравнения параболы

$$\Delta_{cp}^2 = 33k_v.$$

Средняя погрешность предсказания развития коррозии достаточно низкая и не превышает  $\Delta_{cp} = 10\%$ , что является вполне удовлетворительным для практики результатом.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований, полученные различными авторами в различных агрессивных эксплуатационных средах, позволили показать адекватность разработанной методики прогнозирования коррозионного износа металлических конструкций.

### Библиографический список

1. Гатауллин И.Н. Моделирование влияния агрессивных сред на эксплуатационные свойства металлоконструкций для автоматизированного проектирования их противокоррозионной защиты. Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / МИИТ. – М., 1991. – 18 с.
2. Цикерман Л.Я. Диагностика коррозии трубопроводов с применением ЭВМ. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во «Недра», 1977, – 319 с.