

Л. С. ДОБРУШКИН (ОАО «ИЦЭУ» – Предприятие «УралОРГРЭС», г. Екатеринбург)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МЕТАЛЛА ПАРОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ МИКРОПОВРЕЖДЁННОСТИ

В настоящее время уже тривиальным является утверждение, что для обеспечения надёжной эксплуатации гибов паропроводов высокого давления необходим 100%-ный контроль микроповреждённости как единственного прямого метода оценки состояния металла. Проблема определения времени дальнейшей эксплуатации при достижении паркового или индивидуального ресурса после проведения контроля микроповреждённости становится наиболее актуальной.

Нормативно-техническая документация (РД 10-577-03, СО 153-34.17.470–2003) не регламентирует время дальнейшей эксплуатации гибов с разными баллами микроповреждённости, а только устанавливает браковочный критерий – 5-й балл ОСТ 34-70-690–96.

В настоящее время в отрасли специалисты экспертных организаций остаточный ресурс металла с разной степенью микроповреждённости определяют по своим методикам.

Методика определения остаточного ресурса по результатам контроля микроповреждённости элементов паропроводов из стали марок 12Cr1Mo; ½Cr ½Mo ¼V; 2¼Cr1Mo разрабатывалась в Германии. Авторы статьи "Неразрушающий контроль (репликация) во избежание замены элементов на паропроводах электростанций", опубликованной в "Power Engineering" (май 1984 г.), неудовлетво-

ренные алгоритмом расчёта остаточного ресурса в соответствии с нормативами TRD 508, в течение 1974–1977 гг. проводили экспериментальный контроль микроповреждённости. Первоначально использовали очень короткие промежутки между проверками (1 год или менее), даже в случаях небольшой микроповреждённости. Затем эти интервалы увеличились. В результате проделанной работы (на базе данных более чем 10000 опытов) была определена возможность безопасной эксплуатации в течение 3 лет (20000 ч) для параметра (балла) микроповреждённости А и полутора лет (11000+12000 ч) для параметра В (рис. 1, 2).

Шкала микроповреждённости металла с указанной допустимой периодичностью контроля показана на рис. 3 и приведена в табл. 1.

Таблица 1

Балл микроповреждённости	Металлографическая характеристика	Время до следующего контроля, год
1	Пор нет	Не проводится
2	Отдельные поры	3–5
3	Ориентированные поры	1–1,5
4	Микротрещины	0–0,5
5	Макротрещины	Замена (ремонт)

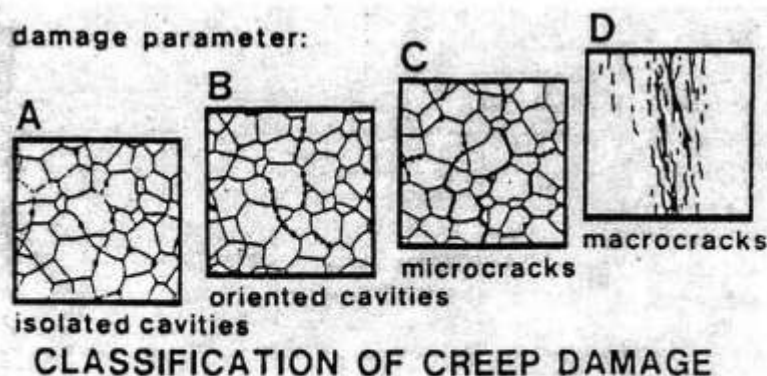


Рис. 1.

Накопленный за последние 15 лет опыт контроля микроповреждённости в УралОРГРЭС с оценкой состояния металла одних и тех же гибов до 4 раз позволил проследить изменение микроповреждённости на паропроводах тепловых станций из стали марок 12МХ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф с параметрами эксплуатации  $p=10$  МПа,  $T=500$  °С;  $p=10$  МПа,  $T=540$  °С;  $p=14$  МПа,  $T=560$  °С. Результаты этой работы подтверждают справедливость обоснования времени безопасной

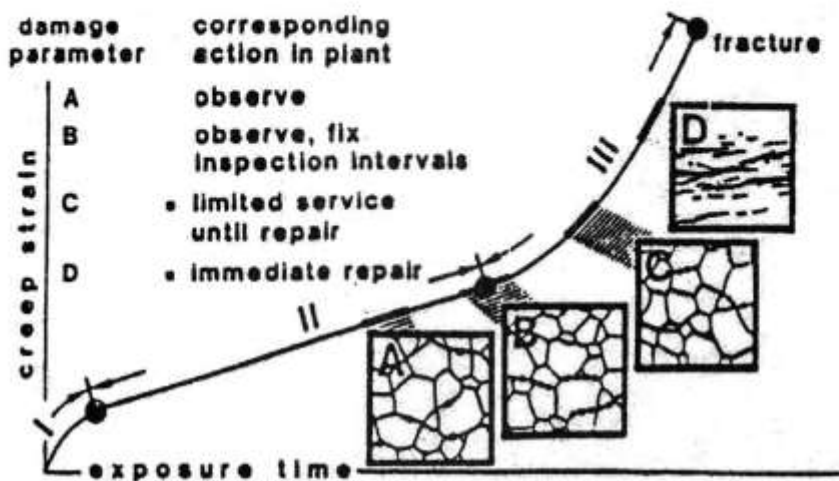


Рис. 2.



Рис. 3.

эксплуатации металла гибов с разной степенью микроповрежденности, изначально заимствованного нами из зарубежного опыта.

На основе этой классификации была создана шкала УралОРГРЭС, представленная в табл. 2.

Определение времени до следующего контроля гибов с разными баллами поврежденности (графа 4) проводилось в пределах разбега с учетом конкретных условий эксплуатации, а именно: стабильности и величины фактических параметров, наработки на время контроля, вида паропровода (котельный, турбинный, секционный и т. д.), марки стали (12МХ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф). В качестве примера в табл. 3 представлены результаты контроля микроповрежденности гибов главного паропровода Турбины ст. № 9 Пермской ТЭЦ-9, из которой следует:

• Гиб № 1 до забракования эксплуатировался от параметра В (2-й балл шкалы УралОРГРЭС)

приблизительно 50000 ч с тремя промежуточными проверками в 17000–20000 ч;

• Гиб № 4 до забракования эксплуатировался от параметра В (2-й балл шкалы УралОРГРЭС) приблизительно 36000 ч с двумя промежуточными проверками;

• Гиб № 7 до забракования эксплуатировался от параметра В (2-й балл шкалы УралОРГРЭС) приблизительно 65000 ч с четырьмя промежуточными проверками.

Таким образом, гибы с одинаковой степенью поврежденности до забракования эксплуатировались разное время, но периодичность контроля, которая несколько больше, чем это определялось немецким стандартом, обеспечивает безопасную эксплуатацию. Это подтверждается базой более чем 15000 испытаний на паропроводах тепловых станций России.

Предлагается разработать методику периодичности контроля металла гибов паропроводов с разной степенью

микроповрежденности внедрить в действующую в отрасли НТД.

Таблица 2

Балл микроповрежденности	Металлографическая характеристика	Плотность пор	Время до контроля, тыс. ч
0	Пор нет	0	До 50
1	Отдельные поры	До 500	30–40
2	Цепочки пор по границам зёрен	500–1500	15–25
3	Цепочки пор, часть цепочек слились друг с другом	1500–3000	4–5
4	Микротрещины	Более 3000	Замена

Таблица 3

№ гига	Сортамент D×S, мм. Марка стали	1-й контроль		2-й контроль		3-й контроль		4-й контроль		5-й контроль	
		Год контро- ля, наработ- ка, фактиче- ские пара- метры экс- плуатации	Балл	Год контроля, наработка, фактические параметры эксплуатации	Балл	Год контро- ля, наработ- ка, фактиче- ские пара- метры экс- плуатации	Балл	Год контро- ля, наработ- ка, фактиче- ские пара- метры экс- плуатации	Балл	Год контро- ля, наработ- ка, фактиче- ские пара- метры экс- плуатации	Балл
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	325×38, 12Х1МФ	1996 г., 169173 ч, $p=13,2$ МПа, $T=553,6$ °С	2	1998 г., 189285 ч, $p=13,24$ МПа, $T=553,4$ °С (20112)*	2	2001 г., 206000 ч, $p=13,2$ МПа, $T=553,4$ °С (16715)*	2	2003 г., 222851 ч, $p=13,4$ МПа, $T=553,4$ °С (16851)*	4	2005 г., 235028 ч, $p=13,0$ МПа, $T=555$ °С (12177)*	-
2			1-2		-		1-2		-		2-3
3			1-2		-		1-2		-		3
4			1-2		-		1-2		-		3
5			1		-		1		-		2
6			2		2-3		2		2-3		2-3
7			2		2-3		2		2-3		3
8			1-2		-		1-2		-		1-2
9			2		2		2		2-3		2
10			1-2		-		1-2		-		-
11			2-3		2-3		2-3		2-3		3
12			0		-		0		-		-
13			0		-		0		-		-
14			1-2		-		1-2		-		2

\* В скобках – периодичность контроля микроповрежденности, тыс. ч.