

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИЗНОСЕ И ПОВРЕЖДЕНИИ КОЖУХА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Износ и повреждение несущих конструкций или их связей и, как следствие, изменение прочности и жесткости элементов приводят к изменению конструктивной формы и снижению или исчерпанию конструктивной безопасности сооружения. При неблагоприятном сочетании негативных факторов происходят мгновенный отказ и прогрессирующие обрушения. Действующие в настоящее время нормы проектирования не предусматривают защиту в виде соответствующих коэффициентов запаса и надежности, а от факторов риска, связанных с комбинированными аварийными воздействиями, такой защиты не предусмотрено [1].

Наиболее распространенным методом оценки рисков является так называемое дерево отказов (рис. 1). Подобный анализ четко ориентирован на отыскание отказов, при этом он выявляет такие аспекты системы, которые имеют важное значение для данных отказов.

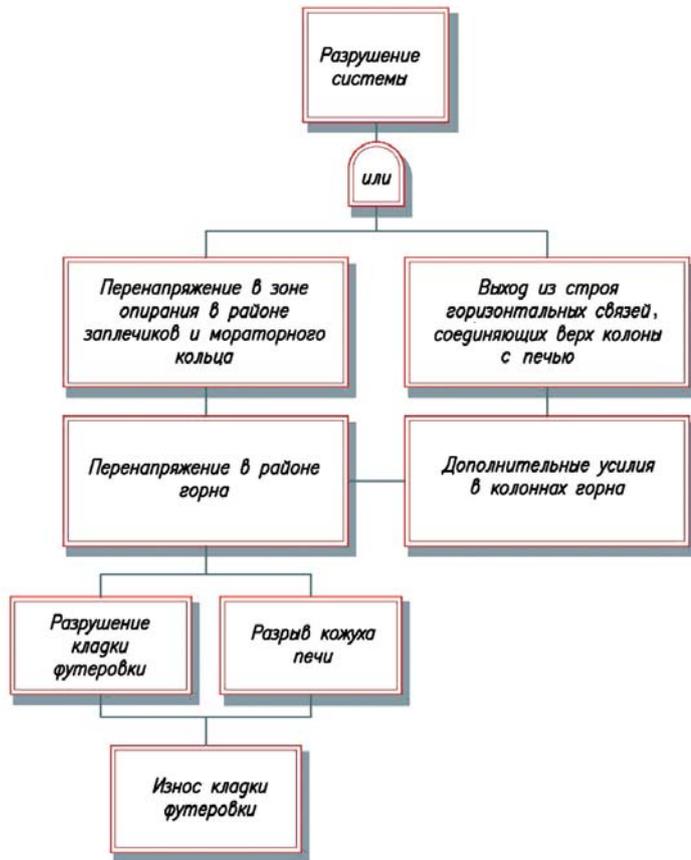


Рис. 1. Дерево отказов



Е.И. Гезенцвей

начальник отдела строительного проектирования ООО «Метинвест Инжиниринг», г. Днепр

В результате длительной эксплуатации кожух доменной печи № 3 ЧАО «Азовсталь» (г. Мариуполь) получил деформации конструктивной формы, связанные с прорывами чугуна и отклонениями вертикальной оси кожуха печи от вертикали в уровне БЗУ на 244 мм в сторону чугунной летки № 2. Колонны шахты, стоящие на мораторной балке, отклонились вместе с кожухом.

Данные обстоятельства послужили основанием для определения способов и объемов мероприятий, необходимых для восстановления эксплуатационных качеств печи. При этом характер повреждений и их влияние на соответствие сооружения технологическим требованиям определено посредством построения дерева отказов, которое позволяет:

- выявить ненадежные места;
- выполнить качественный и количественный анализ надежности системы;
- поочередно сосредоточиться на отдельных конкретных отказах системы;
- выявить те элементы системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу или аварии.

Для реализации данной задачи выполнены расчеты:

- системы «доменная печь (кожух)-пылеуловитель» на заданные отклонения их осей от вертикали, определенные посредством геодезической съемки; получена сводная таблица напряжений, по которой определены дефектные зоны кожуха, и прилагаемая схема;
- напряженного состояния колонн шахты, горна доменной печи и колонн пылеуловителя при деформированном состоянии оси печи и колонн шахты.

Сводная таблица кольцевых σ_x и меридиональных σ_y напряжений* в кожухе доменной печи в предположении ее эксплуатации с наклонной вертикальной осью

Сечение по высоте доменной печи	Толщина кожуха	Пространственный расчет схемы ДП-ПУ в проектном положении						Расчет кожуха, защищенного холодильниками и футеровкой						Суммарные напряжения в кожухе печи в проектном положении						Напряжения от колонн печи и колонн шахты согласно геодезической съемке						Суммарные напряжения в деформированной печи в рабочем состоянии						Рассчитанные сопротивления**	Сопротивл. разрыву
		σ_x^{**}		σ_y^{**}		τ_{xy}^{**}		σ_x	σ_y	τ_{xy}	$\sigma_{пр}$	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x	σ_y	τ_{xy}										
		кг/см ²																															
	мм																									$R_u=2500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=1450$						
1) Верх кожуха лещади	50	140	-60	10	2670	1190	2810	1130	10	2450	±2700	±2650	320	±2700	±2700	±2700	±2700	5510	3780	330	5510	3780	330	$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$								
2) Низ кожуха горна	50	50	-60	10	980	440	1030	380	10	900	±3800	±2770	330	±3800	±2770	±2770	330	4830	3150	340	4830	3150	340	$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$								
3) Низ кожуха заплечиков	30	-270	-80	30	-	-	-	-	-	-	±660	±1570	0	±660	±1570	±1570	0	-930	-680	4300	-930	-680	4300	$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$								
4) Низ кожуха распара	45	-1900	-750	470	760	700	1160	1100	470	1400	±1700	±1700	3800	±1700	±1700	±1700	3800	2860	2800	4270	2860	2800	4270	$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$								
5) Верх кожуха распара	40	-820	-570	520	1060	830	1310	1130	520	1525	±400	±2820	1200	±400	±2820	±2820	1200	1710	3950	1720	1710	3950	1720	$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$								
6) Верх кожуха шахты	40	-330	-320	80	1590	570	1790	770	80	1560	±500	±1090	330	±500	±1090	±1090	330	2290	1860	410	2290	1860	410	$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$								
Купол печи	30	-1480	1150	900	-	-	1480	1150	300	2340	4200	±2100	2000	4200	±2100	±2100	2000	-4480	3250	2300	-4480	3250	2300	$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$								
																										$R_u=4500 \text{ кг/см}^2$	$\tau_u=2600$						

*) Напряжения выбраны вне зон концентраторов напряжений

***) В сечениях 1-6 отсутствует часть напряжения, вызванная давлением доменного газа, т.к. она присутствует в следующей графе расчета

****) Расчетные сопротивления даны при изменении температуры стали до 1400°C

Значения кольцевых и меридиональных напряжений в кожухе доменной печи в предположении ее эксплуатации с наклонной вер-

тикальной осью приведены в сводной таблице кольцевых и меридиональных напряжений в кожухе доменной печи.

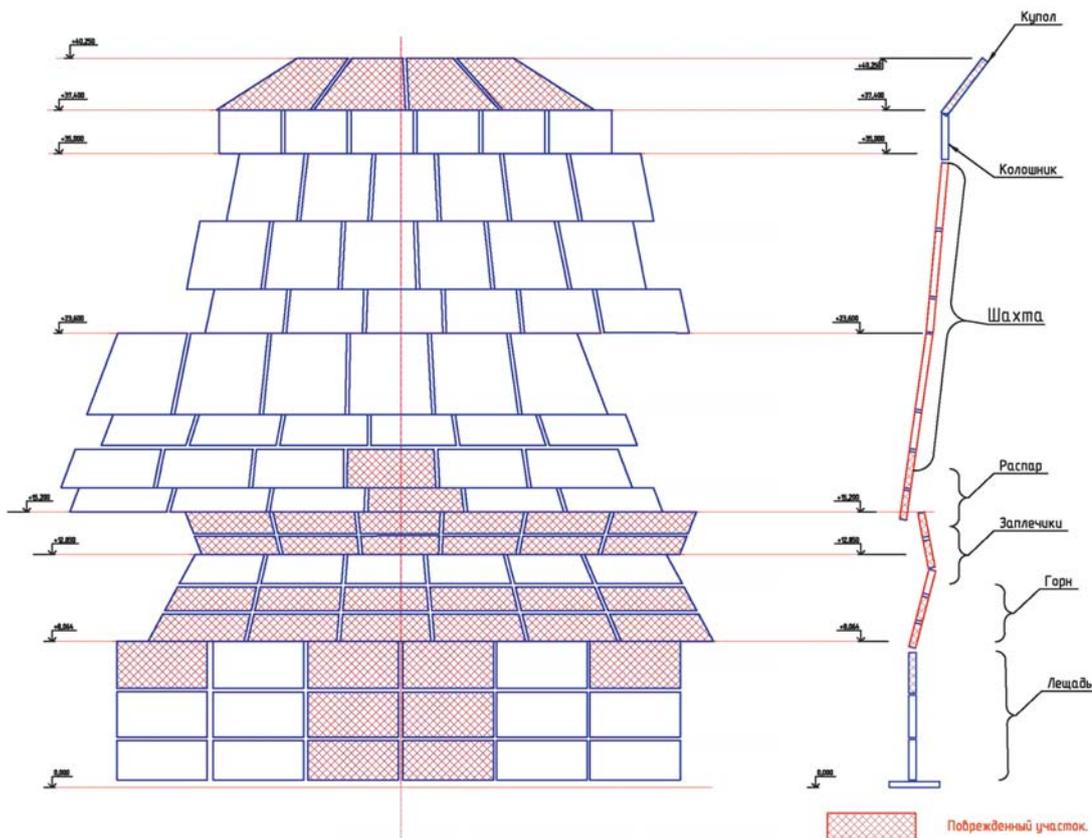


Рис. 2.
Схема поврежденных участков

Схема поврежденных участков, напряжения в материале которых превышают значения расчетных сопротивлений, приведена на рис. 2.

Оценка состояния поврежденных зон:

- *зоны лещади горна*: дефектный участок расположен по всей длине окружности кожуха с высотой, равной 5 ячейкам расчетной схемы оболочки (1 ячейка – 600×600 мм). При этом вес стали, подлежащей замене, составляет 100 т;
- *зона запличиков*: расположена по всей окружности кожуха; вес стали, подлежащей замене, составляет 28 т;
- *зона распара*: вес заменяемой стали составляет 12 т;
- *купол печи*: вес заменяемой стали составляет 20 т.

Общий вес заменяемой стали 160 т, в процентном отношении к общему весу кожуха печи – 31 %.

Износ кожуха печи имеет место и в других зонах, определяемых обследованием с составлением технического заключения о пригодности элементов кожуха к дальнейшей эксплуатации.

Восстановление нормальной эксплуатации кожуха путем ремонта дефектных участков

признано нетехнологичным по следующим причинам:

- дорогостоящие изготовление остнастки для замены дефектных участков, а также работы по восстановлению вертикального состояния оси кожуха печи;
- возможное изменение свойств стали, к элементам из которой должны присоединяться заменяемые части кожуха, что повлечет за собой риски образования трещин и разрушений;
- развитие усталостных процессов в элементах конструкций и снижение, как следствие, их эксплуатационных свойств.

В результате проведенных исследований было принято решение существующий кожух демонтировать с устройством нового кожуха с применением термоупрочненной мелкозернистой стали повышенной прочности марки 10Г2ФБ.

- [1] Першаков В.М. и др. Проблемы противодействия конструкции прогрессирующему обрушению зданий и сооружений. – К.: НАУ, 2015.
- [2] Шимановский А.В. и др. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений. – К.: Изд-во «Сталь», 2008.

Надійшла 12.12.2016 р.