

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кружилин Николай Владиславович

Эксперт объектов котлонадзора
ООО ИКЦ «Мысль» Новочеркасского
государственного технического университета
г. Новочеркаск, Ростовская область

ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Аннотация: статья посвящена анализу проведения экспертиз промышленной безопасности сосудов, работающих под избыточным давлением. Автор описывает процесс расчета ресурсов для сосудов, подвергающихся действию как коррозии, так и действию циклических нагрузок.

Ключевые слова: промышленная безопасность, остаточный ресурс, циклическая работоспособность сосуда.

За время проведения экспертиз промышленной безопасности сосудов, работающих под давлением, часто в результате расчёта остаточного ресурса получаются довольно значительные величины (до 100 лет и более). На этот счёт существуют рекомендации [5, с. 61], которые ограничивают эту величину (не более 10 лет). Это происходит из-за того, что или основные технические характеристики оборудования изменились незначительно, или отсутствует достоверная информация о предыдущем неразрушающем контроле. Отсутствие достоверной информации часто определяется различным уровнем квалификации и ответственности специалистов, проводящих обследование. Остаточный ресурс таких сосудов определялся на основании анализа условий эксплуатации, результатов технического диагностирования [3, с. 39] и критериев предельного состояния. В рекомендациях [5, с. 61] представлены пять возможных критериев предельного состояния для оценки остаточного ресурса, из которых в настоящее время ис-

пользуется в основном один – прогнозирование ресурса аппарата, подвергающегося действию коррозии (или эрозии). Отклонения возникают в результате измерения толщин элементов до одного знака после запятой, хотя многое оборудование подвергается такой незначительной коррозии, что уловить закономерность довольно затруднительно. Кроме того, существует ещё ряд субъективных факторов: подготовка места контроля недостаточно квалифицированным персоналом (механическим способом снимается более толстый слой металла, чем его уменьшение за счёт воздействия коррозии), отклонение геометрического положения точек контроля, разное оборудование. Следует отметить, что в последнее время неразрушающий контроль стал более точным и достоверным, что определяется наличием более совершенных методик контроля и оборудования.

В качестве примера взяты сосуды, работающие под избыточным давлением, на которых проводилась экспертиза промышленной безопасности в различное время. Эти сосуды имеют различные сроки службы, технические характеристики. Однако все они, кроме того, подвергаются действию малоциклового нагружения. Для сосудов под давлением, подвергающихся действию как коррозии, так и действию циклических нагрузок (в условиях малоциклового нагружения) появляется возможность определить ресурс не только по действию коррозии, но и из расчёта циклической долговечности.

Остаточный ресурс (T_k), подвергающихся действию коррозии определяется по достаточно известным формулам [5, с. 61]. Определение скорости коррозии (a), в свете выше перечисленных факторов, производим по формуле, при наличии одного фактического измерения контролируемого параметра (S_f), исполнительной (или паспортной) толщины (S_i) и расчётной толщины (S_p). T_e – время от момента начала эксплуатации до момента обследования, лет.

$$T_k = \frac{S_f - S_p}{a}, \quad a = \frac{S_i + C_0 - S_f}{T_e}$$

Толщину стенки элемента определяем в соответствии с рекомендациями [1, с.79], по формуле $s \geq S_p + C$, где $C=C_0$ – прибавка для компенсации коррозии, мм.

Ресурс циклической работоспособности сосуда определяем по рекомендациям [2, с. 50]

$$T_{II} = \frac{T_e \times [N]}{N_e},$$

где T_e – время эксплуатации сосуда с момента его пуска, лет; $[N]$ – допускаемое количество циклов нагружения, лет; N_e – количество циклов нагружения за период эксплуатации.

Время эксплуатации сосуда с момента его пуска, а также количество циклов нагружения за период эксплуатации определяем по результатам обследования, допускаемое количество циклов нагружения принимаем по данным паспорта сосуда, а при их отсутствии – по рекомендациям [2, с. 50]. Результаты расчёта остаточного ресурса и расчёта ресурса циклической работоспособности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчёта остаточного ресурса для двух вариантов

№ п/п	S, мм	S _и , мм	S _ф , мм	T _е , лет	a, мм/год	N _е , шт	[N], шт	T _к , лет	T _{II} , лет
1	15,6	22	21,2	4	0,400	567	11000	16,0	77,6
2	21,1	40	38,8	19	0,116	9154	7000	161,3	14,5
3	21,1	40	38,8	19	0,116	9312	7000	161,3	14,3
4	4,9	16	15,7	28	0,046	9458	10000	254,1	29,6
5	4,9	18	16,5	26	0,096	11936	10000	131,0	21,8
6	4,9	18	16,2	26	0,108	10390	10000	114,2	25,0
7	5,1	18	17,2	26	0,069	11522	10000	188,6	22,6
8	4,9	16	14,8	24	0,092	12682	13000	118,9	24,6
9	13,8	40	38,9	4	0,525	450	7000	49,8	62,2

Таким образом, по результатам расчёта можно сделать следующие выводы:

– ресурс сосуда, определяемый в разные годы и в разных условиях, имеет неравномерный характер, поэтому желательно проводить наблюдение за объектом в абсолютно равных условиях;

– ресурс сосуда, определяемый по условию коррозионного износа, имеет неравномерный характер – в начале эксплуатации он имеет заниженные значения (от среднего за время эксплуатации), а в конце эксплуатации – завышенные значения (100 и более лет);

– ресурс сосуда, подвергающегося действию циклического нагружения, рассчитанный из условия циклической долговечности, имеет также неравномерный характер, но в обратную сторону – в начале эксплуатации ресурс имеет достаточно высокие значения, намного превышающие ресурс, рассчитанный по условию коррозионного износа, а в конце эксплуатации – значительно меньше.

По результатам проделанного анализа можно рекомендовать расчёт остаточного ресурса сосудов, испытывающих как воздействие коррозионного износа, так и действие циклического нагружения необходимо проводить по двум критериям предельного состояния, выбирая наименьшее значение, что совпадает с рекомендациями [4, с. 79].

Список литературы

1. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. – Введ. 1984-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 79 с.
2. ГОСТ 25859-83. Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчёта на прочность при малоциклических нагрузках. – Введ. 1990-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 50 с.
3. ДиОР-05. Методика диагностирования технического состояния и определения остаточного ресурса технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических производств. – Введ. 2006-01-13. – Волгоград.: ВНИКТИ нефтехимоборудование, 2006. – 39 с.
4. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»: утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 г. №116, опубл.

22.09.2014 г., бюл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти №38. – 112 с.

5. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определения остаточного срока службы судов и аппаратов. – Вып.17. – М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – 61 с.