

В.М. ДОЛИНСКИЙ, канд. техн. наук, ОАО «УкрНИИхиммаш»,
г. Харьков

ОСОБЕННОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СОСУДОВ

Прогнозування залишкового ресурсу потребує використання існуючої нормативної бази, з уточненням на можливість деградації властивостей металу та конструкції посудин. В статті наведені існуючі розробки в указаному напрямі та позначені шляхи подальшого розвитку методів індивідуального прогнозування.

Прогнозирование остаточного ресурса требует использования существующей нормативной базы с уточнением на возможность деградации свойств металла и конструкции сосуда. В статье приведены существующие разработки в указанном направлении и намечены пути дальнейшего развития методов индивидуального прогнозирования.

Forecasting of a residual resource demands use of available normative base with specification on an opportunity of degradation of properties of metal and a design of vessels. Available development in the specified direction are named and ways of the further development of methods of individual forecasting are planned.

Гарантированный ресурс сосуда определяется условиями прочности.

В соответствии с [1] выбирается толщина стенки сосуда:

$$S_0 = S_p + V \cdot \tau + \Delta_1 + \Delta_2 \quad (1)$$

здесь S_0 – номинальная толщина стенки обечайки; S_p – расчетная толщина; V – скорость коррозии; τ – гарантированный ресурс; Δ_1 – прибавка на отрицательный допуск проката; Δ_2 – прибавка округления к стандартному значению толщины листа.

В простейшем случае (относительно низких температур ползучесть отсутствует), когда сосуд подвергается только действию внутреннего давления и условия укрепления отверстий соблюдаются, расчетная толщина стенки обечайки определяется по формуле:

$$S_p = D \cdot P_p / (2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]), \quad (2)$$

где $[\sigma] = \min\{R_{np}/[n_{np}]\}$; $R_{np} = \{R_m, R_e\}$; $[n_{np}] = \{[n_m], [n_e]\}$; D – диаметр обечайки; P_p – расчетное давление; φ – коэффициент прочности сварного шва; $[\sigma]$ – допускаемые напряжения; $[R_{np}]$ – предельные характеристики; R_m – предел прочности; R_e – предел текучести; $[n_{np}, n_m, n_e]$ – допускаемые запасы прочности.

Поверхностный анализ описанного подхода говорит о том, что гарантированный ресурс является и окончательным сроком эксплуатации, а продление ресурса возможно в пределах прибавки округления – нескольких лет. Однако, мировой опыт показал, что ресурс оборудования может быть продлен на 20 – 30 лет, даже при работе в особо тяжелых условиях со взрывопожароопасными и токсичными средами.

Проанализируем детально имеющиеся резервы работоспособности конструкции. Конечно, и прибавка на толщину проката может оказаться положительной, но более ощутимые результаты можно получить, если предприятие принимает меры к снижению агрессивности среды, уменьшению скорости коррозии. Коэффициент прочности сварного шва может быть увеличен за счет контроля качества сварных швов и проведения ремонта дефектных участков.

Значительный резерв прочности может быть обнаружен при экспериментальном построении характеристики сосуда «деформация стенки – давление» (рис. 1) – в соответствии с [2, 3]. Остаточный ресурс (τ_0) при этом может быть определен по формуле:

$$\tau_0 = (S/V) \cdot \{1 - [n_r] \cdot (P_p / P_e) \cdot ([\sigma_{20}] / [\sigma_t])\} \quad (3)$$

здесь S – минимальная толщина стенки; V – максимальная скорость коррозии, определенная в соответствии с [4]; P_e – давление текучести; $[\sigma_{20}]$, $[\sigma_t]$ – допускаемые напряжения при 20 °С и при расчетной температуре; $[n_r]$ – запас прочности при пробных испытаниях [1].

Как следует из изложенного, проблема продления ресурса оборудования имеет положительные перспективы. Однако, при этом надо учесть ряд обстоятельств, требующих дополнительного анализа.

В результате эксплуатации происходит деградация конструкции и изменение механических свойств металла.

Металл охрупчивается.

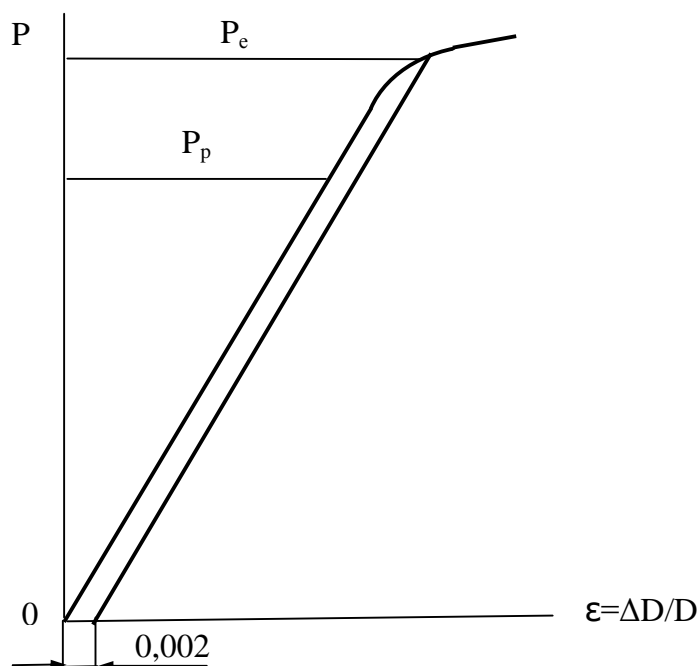


Рис. 1. Характеристика стенки сосуда « деформация стенки (ϵ) – давление (P)»

Например, температура хрупкости стали 09Г2С, из которой был изготовлен корпус колонны К-2 на АО «Укртатнафта», за 29 лет эксплуатации повысилась от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В таком случае предельное состояние конструкции определяется по двухпараметрической кривой (рис. 2).

При этом предельными характеристиками металла являются предел текучести и вязкость разрушения [5, 6, 7].

Дальнейшее совершенствование оценки работоспособности конструкций сдерживает крайне скудная информация о значениях вязкости разрушения в агрессивных средах.

Происходит также избирательное коррозионно-эрозионное разрушение стенки конструкций. Оценка работоспособности оборудования при этом производится по [8].

На стенках сосудов и трубопроводов появляются вздутия, вызванные расслоением металла в результате водородной и сероводородной коррозии. Возникающие дефекты также могут быть оценены по [8].

Опасность коррозионного растрескивания (КР) под напряжением снижается при проведении термо или гидрообработки [9].

Возможность развития трещин и трещиноподобных дефектов оценивается по [10].

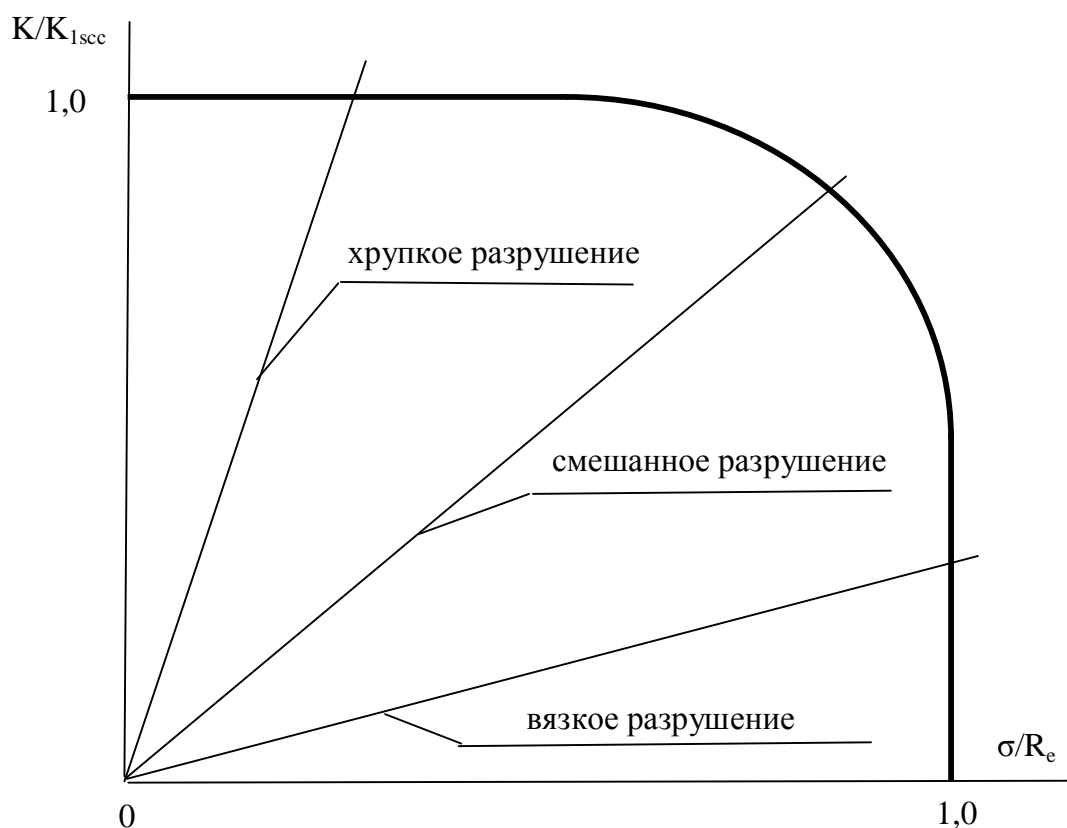


Рис. 2. Двухпараметрическая кривая

K, K_{1sc} – коэффициент интенсивности напряжений и вязкость разрушения в агрессивной среде; σ, R_e – эквивалентные мембранные напряжения и предел текучести

Отклонение конструкции от формы идеальных оболочек приводит к значительному повышению напряжений в сосуде.

Поэтому необходимо выполнять расчеты с учетом имеющихся дефектов формы [11].

Выводы.

С учетом изложенного УкрНИИхиммаш продлил ресурс более, чем трем тысячам сосудов и трубопроводов.

Список литературы: **1.** Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность; ГОСТ 14249-89. – [Дата введения 01.01.90]. – Издательство стандартов, 1989. – 79 с. **2.** Проведение работ по оценке остаточной работоспособности технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств. Методические указания; НПАОП 0.00-7.02-93. – [Утвержден 19.05.1993]. – К.: Госнадзорхрантруда. – 1993. – 56 с. **3.** Сосуды. Аппараты. Трубопроводы. Гидрообработка; СОУ ОАО “УкрНИИхиммаш” 004:2009. – [Дата введения 10.08.2009]. – Харьков: Стандарт предприятия, 2009. – 12 с. **4.** Обладнання технологічне нафтопереробних, нафтохімічних та хімічних виробництв. Технічне діагностування. Загальні технічні

вимоги; ДСТУ 4046-2001. – [Чинний від 27.07.2001]. – К.:Держстандарт України, 2001. – 24 с. **5.** Расчет на прочность действующих магистральных трубопроводов с дефектами; ВБН В.2.3.-00018201.04-2000. – [Введен в действие с 2000-01-05]. – К.: Госнефтегазпром, 2000. – 56 с. **6.** *Красовский А.Я.* Применения критериальных диаграмм разрушения для оценки несущей способности конструктивных элементов с трещиной / *А.Я. Красовский* // Заводская лаборатория. – 1989. – № 4. – С. 89 – 92. **7.** *Морозов Е.М.* Двухкритериальные подходы в механике разрушения / *Е.М. Морозов* // Пробл. прочности. – 1985. – № 10. – С. 103 – 108. **8.** Сосуды. Аппараты. Трубопроводы. Нормы и методы расчета на прочность. Определение допускаемых параметров повреждения стенок сосудов и трубопроводов; СОУ “УкрНИИхиммаш” 001:2009. – [Чинний від 2009-02-02]. – Харьков: Стандарт предприятия, 2009. – 10 с. **9.** Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови; СОУ МПП 71.120-217:2009. – [Чинний від 2009-07-07]. – К.: Мінпромполітики України, 2009. – 339 с. **10.** Посудини та апарати, що працюють під тиском. Методика ультразвукового контролю зварних з’єднань; ГСТУ 3-037-2003. – [Чинний від 2004 -01-01]. – К.: Мінпромполітики України, 2003. – 104 с. **11.** Методика оценки работоспособности сосудов с вмятинами и овальностью. – ОАО «УКРНИИХИММАШ», 2005.

Поступила в редколлегию 25.03.10

УДК 620.16.001.24

Б.Я. КАНТОР, докт. техн. наук, ИПМаш НАН України, г. Харьков,
В.М. ДОЛИНСКИЙ, канд. техн. наук,
Р.Л. ОНАЦКИЙ, ОАО "УкрНИИхиммаш", г. Харьков, Украина

ВЛИЯНИЕ ВМЯТИН НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СОСУДОВ

В роботі порівнюється тримкість посудин без ум'ятин та при наявності вм'ятин на стінці корпусу посудини. На основі методу скінченних елементів проаналізовано напружено-деформований стан посудини на різних стадіях навантаження: утворення ум'ятини індентором, розвантаження, подальше навантаження внутрішнім тиском із частковою рихтовкою ум'ятини.

В работе сопоставлена несущая способность сосудов без вмятин и при наличии вмятин на стенке сосуда. На основе метода конечных элементов был проведен анализ напряженно-деформированного состояния сосуда на различных стадиях нагружения: формирования вмятины индентором, разгрузка, последующее нагружение внутренним давлением с частичной рихтовкой вмятины.