

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОБЕЧАЕК СОСУДОВ В ЗОНАХ УСТАНОВКИ ШТУЦЕРОВ

В. М. ДОЛИНСКИЙ, В. И. ЧЕРЕМСКАЯ

Предложена методика, позволяющая оценить несущую способность обечаек с учетом укрепления их штуцерами при условии коррозионного износа в процессе эксплуатации сосудов. Приведены примеры расчетов несущей способности обечаек на некоторых промышленных объектах.

A procedure is proposed which allows evaluation of the load-carrying capacity of shells taking into account their reinforcement by nozzles under the condition of corrosion wear in vessel service. Examples of calculations of the load-carrying capacity of shells in some industrial objects are given.

Завершающим этапом технического диагностирования является оценка технического состояния технологического оборудования [1]. При этом условия статической прочности в безмоментных зонах корпусов оцениваются по ГОСТ из [2] и определяются следующим образом:

$$S \geq S_p, \quad (1)$$

где S — вероятная (прогнозируемая) толщина стенки обечайки или днища в конце назначенного срока службы; S_p — расчетная толщина стенки обечайки,

$$S_p = pD / (2[\sigma] - p), \quad (2)$$

где p — расчетное давление; D — внутренний диаметр аппарата; $[\sigma]$ — допускаемые напряжения.

В области штуцерных соединений условия статической прочности определяются по ГОСТу [3] и РД [4]. Одним из возможных вариантов оценки прочности является условие

$$d \leq d_p, \quad (3)$$

где d — диаметр отверстия; d_p — расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления,

$$d_p = 2(S/S_p - 0,8) \sqrt{DS}. \quad (4)$$

Когда толщина стенки сосуда приближается к расчетному значению, то

$$d_p = 0,4 \sqrt{DS_p}. \quad (5)$$

Введем следующие обозначения:

$$\delta_p = d_p/D \text{ и } \gamma = D/(2S_p), \quad (6)$$

и запишем зависимость (5) в виде

$$\delta_p = 0,4 / \sqrt{2\gamma}. \quad (7)$$

Условность понятия «отверстие, не требующее укрепления» становится очевидной, поскольку

буквальное толкование приведенного термина свидетельствует о равнопрочности цаг обечаек, не содержащих отверстий, и цаг, в которых имеется отверстие или ряд отверстий с интервалом $2\sqrt{DS_p}$. Поэтому подход к оценке работоспособности конструкций, содержащих дефекты, размеры которых помещаются в пределах окружности с диаметром d_p , представляется сомнительным [5].

Учитывая, что ГОСТ [4] был ориентирован на вновь проектируемое оборудование и любое отверстие реально укрепляется бонкой или патрубком штуцера при существующей технологии изготовления, понятие «диаметр отверстия, не требующего укрепления» является оправданным, поскольку применяемые бонки и штуцера укрепляли достаточно малые отверстия. В процессе износа и утонения патрубков условие укрепления отверстия (3) и (5) не всегда выполняется.

При диагностировании сосуда важно уметь определить отбраковочную толщину стенки патрубка штуцера. Имеющиеся нормативные материалы [6] базируются на технологических соображениях при изготовлении сосудов и не определяют несущую способность оборудования.

В данной работе определяется допускаемая толщина стенки патрубка штуцера по условию равнопрочности обечайки, ослабленной отверстием (рис. 1).

В соответствии с принципом компенсации площадей [7]

$$F_0 \leq F_1. \quad (8)$$

Здесь $F_0 = (0,5d - S_1)S_p$; $F_1 = (S_1 - S_{1p})l_1$; S_1, S_{1p} , l_1 — исполнительная, расчетная толщина стенки и расчетная длина внешней части патрубка штуцера [3, 7] (см. рис. 1).

Выражение (8) сводится к условию

$$\eta \geq \eta_k, \quad (9)$$

где η_k — корень уравнения;

$$\eta = S_1/S_p; \quad (10)$$

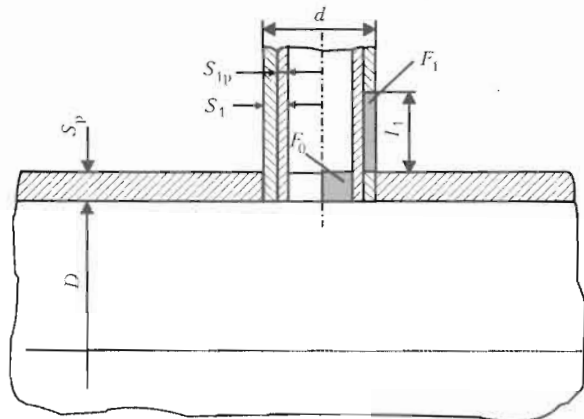


Рис. 1. Схематическое изображение штуцера

$$\gamma\eta^3 - 0,4\sqrt{2}\gamma(\eta^2 + 0,16\gamma) + 0,08\eta = 0. \quad (11)$$

Результаты решения уравнений (7) и (10) представлены на рис. 2, который позволяет по известному параметру обечайки определить две характеристики штуцера: диаметр отверстия, «не требующего укрепления» и толщину стенки патрубка штуцера, которая это отверстие укрепляет.

Пример 1. Исходные данные сепаратора поз.160-F, установленного на Одесском припортовом заводе: расчетное давление $P = 1,71$ МПа, расчетная температура $t = 65^\circ\text{C}$, материал — сталь SA516Gr55 (отечественный аналог — сталь 25), рабочая среда — воздух.

В соответствии с данными [2] допускаемые напряжения $[\sigma] = 154$ МПа, внутренний диаметр $D = 1800$ мм, наружный диаметр штуцера $d = 33,4$ мм, толщина стенки патрубка штуцера по результатам измерений $S_1 = 11,2$ мм.

Результаты расчета. Расчетная толщина стенки обечайки S_p по (2): $S_p = 11,2$ мм; параметр γ по (6): $\gamma = 80,4$; расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления d_p по (6): $d_p = 56,7$ мм, где $\delta_p = 0,0315$ по (7); толщина стенки патрубка штуцера S_{1t} , которая укрепляет отверстие по (9), (10) $S_1 = 10,7$ мм; $\eta_k = 0,955$ (см. рис. 2).

Условия укрепления отверстия в стенке обечайки выполнены:

$$S_1 > \eta_k S_p; 11,2 \text{ мм} > 10,7 \text{ мм}.$$

Пример 2. Исходные данные сосуда поз.Е-346/1, установленного на ООО «Линос», г. Лисичанск: расчетное давление $P = 1,8$ МПа, расчетная температура $t = 50^\circ\text{C}$, материал — сталь 09Г2С, рабочая среда — сжиженный газ (пропан). В соответствии с [2] допускаемые напряжения $[\sigma] = 201$ МПа. Внутренний диаметр $D = 3400$ мм, наружный диаметр штуцера $d_1 = 64,4$ мм, толщина стенки патрубка штуцера по результатам измерений — $S_{11} = 18,2$ мм.

ОАО «УкрНИИХиммаш»,
Харьков

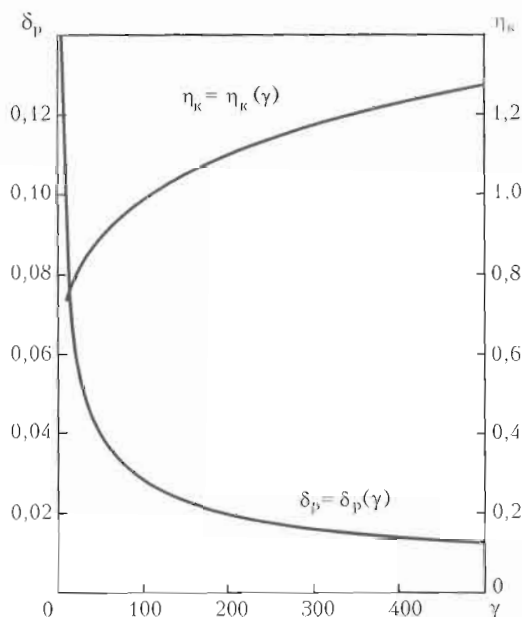


Рис. 2. Графические представления решений уравнений (7) и (10)

Результаты расчета. Расчетная толщина стенки обечайки S_p по (2): $S_p = 17,0$ мм; параметр γ по (6): $\gamma = 100$; расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления, d_p по (6): $d_p = 96,2$ мм, $\delta_p = 0,0283$ по (7).

Толщина стенки патрубка штуцера S_1 , которая укрепляет отверстие по (9), (10) $S_1 = 16,8$ мм, $\eta_k = 0,987$ (см. рис. 2).

Условия укрепления отверстия в стенке обечайки выполнены:

$$S_1 > \eta_k S_p; 18,2 \text{ мм} > 16,8 \text{ мм}.$$

Предложенная методика позволяет оценить несущую способность обечаек с учетом укрепления их штуцерами при условии коррозионного износа в процессе эксплуатации.

1. ДСТУ 4046-2001. Оборудование технологическое нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств. Техническое диагностирование. Общие технические условия.
2. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
3. ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепленных отверстий.
4. РД 26.260.09-92. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность цилиндрических обечаек в местах присоединения штуцеров при внешних статических нагрузках.
5. Г. І. Смоляк, І. І. Капцов, В. І. Холодов та ін. Розрахунок міцності газопроводів з корозійними дефектами // Нафтова і газова пром-сть. — 2005. — № 4. — С. 31-33.
6. ИТН-93. Инструкция по техническому надзору, методам ревизии и отбраковке трубчатых печей, резервуаров, сосудов и аппаратов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. — Волгоград, 1975 г.
7. Сосуды и трубопроводы высокого давления. Справочник. — М.: Машиностроение, 1990. — 383 с.

Поступила в редакцию
13.05.2007