

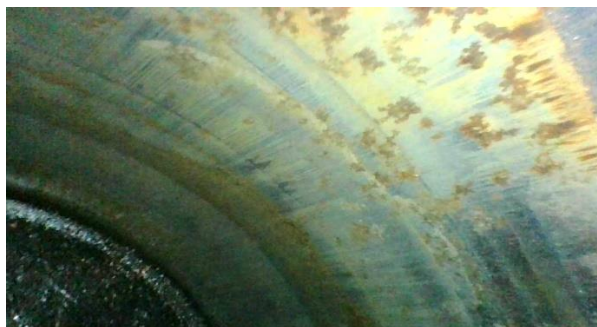


Рис. 1. Стенка гильзы первого цилиндра



Рис. 2. Стенка гильзы второго цилиндра



Рис. 3. Стенка камеры сгорания первого цилиндра



Рис. 4. Стенка камеры сгорания первого цилиндра

Таким образом для контроля внутренней поверхности объекта или его труднодоступных мест целесообразно использовать эндоскоп.

Литература

1. Неразрушающий контроль / В. В. Ключев, В. Н. Филинов, А. А. Кеткович, М. В. Филинов. – 6 том. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. – 2006. – 842 с.
2. Коваленко А. А., Драница М. Ю., Куклицкая А. Г., Воробей Р. И. Неразрушающий контроль объектов с использованием видимого и инфракрасного излучения / «XXXI Республиканский конкурс научных работ студентов», Минск, 1 октября 2024 г. – 7 марта 2025 г. – Минск: БНТУ, 2025.

УДК 681

РАСЧЕТЫ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Студент группы 11312121 Драница М. Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Расчеты в неразрушающем контроле играют важную роль в обеспечении точности и надежности результатов контроля. Примерами могут послужить расчеты на прочность для определения минимальной допустимой толщины объекта контроля, расчет остаточного ресурса, позволяющий определить продолжительность эксплуатации объекта. При наличии выпучин или вмятин необходимо провести расчет ее параметров и оценить их на соответствие нормам нормативно-технической документации.

Целью работы являлось определение необходимости проведения расчетов в неразрушающем контроле.

Расчеты минимальной допустимой толщины проводятся по ГОСТ 34233.2 [1], для определения допустимых напряжений используют ГОСТ 34233.1 [2].

Основным повреждающим фактором, влияющим на остаточный ресурс устройства, является коррозионно-эрозионный износ металла стенок, поэтому расчет остаточного ресурса производится по формулам

$$R(T) = \frac{S_{\phi} - S_{\text{обл}}}{a}, \quad (1)$$

$$a = \frac{S_{\text{пр}} - S_{\phi}}{T_E}, \quad (2)$$

где $R(T)$ – остаточный ресурс, годы; S_{ϕ} – фактическая толщина оцениваемого элемента, мм; $S_{\text{отб}}$ – отбраковочная толщина оцениваемого элемента, мм; a – скорость коррозии (эрозионного износа), мм/год; $S_{\text{пр}}$ – проектная толщина оцениваемого элемента, мм; T_E – принятый срок эксплуатации.

При наличии вмятин расчет на прочность выполняют согласно ГОСТ 34233.11 [3].

Расчет будет проводиться для вмятины со следующими размерами:

$r_{\text{в}} = 150$ мм – радиус вмятины в плане;

$\delta = 15$ мм – прогиб вмятины;

Расчет на статическую прочность.

Условие прочности обечайки с учетом овальности определяется выражением (28) ГОСТ 34233.11

$$\sigma_{\text{max}} \leq 3\sigma_{\text{доп}},$$

где σ_{max} – максимальное напряжение в зоне несоответствий, МПа; $\sigma_{\text{доп}}$ – допускаемое напряжение для стали при расчетной температуре, МПа; для стали 16ГС с толщиной стенки до 32 мм при температуре 20 °С согласно таблице А.1 ГОСТ 34233.1 $\sigma_{\text{доп}} = 177,0$ МПа.

Максимальное напряжение определяется по выражению (24) с учетом выражений (26) и (27) ГОСТ 34233.11

$$\sigma_{\text{max}} = \alpha_{\sigma}\sigma_{\text{н}}, \quad (3)$$

где α_{σ} – коэффициент концентрации напряжений; $\sigma_{\text{н}}$ – номинальное напряжение, МПа.

Коэффициент концентрации напряжений рассчитываются по выражению

$$\alpha_{\sigma} = 1 + B \left(\frac{\delta'}{S_{\phi}} \right)^m, \quad (4)$$

где B – параметр для случая локальной некруглости; δ' – условное значение отклонения для локальной некруглости, мм; S_{ϕ} – минимальная измеренная толщина стенки в зоне вмятины, мм; m – показатель степени для случая локальной некруглости.

Параметры B , δ' , m рассчитываются по выражениям

$$B = -0,234 \frac{r_{\text{в}}^2}{R_{\text{п}} S_{\phi}} + 0,84 \frac{r_{\text{в}}}{\sqrt{R_{\text{п}} S_{\phi}}} + 1,36; \quad (5)$$

$$m = 0,315 \frac{r_{\text{в}}}{\sqrt{R_{\text{п}} S_{\phi}}} + 0,232; \quad (6)$$

$$\delta' = \delta \left(1 - \frac{\sigma_{\text{н}}}{R_{m/t}} \right), \quad (7)$$

где $R_{\text{п}} = 1600$ мм – радиус кривизны выпуклого днища в зоне вмятины; $R_{m/t}$ – минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при расчетной температуре, МПа.

Минимальное значение временного сопротивления для стали 16ГС при толщине стенки до 32 мм согласно таблице Б.2 ГОСТ 34233.1 при рабочей температуре 100 °С составляет $R_{m/t} = 265,5$ МПа.

Номинальное напряжение рассчитывается по выражению

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{p R_{\text{п}}}{2\varphi(S_{\phi} - c)}, \quad (8)$$

где $p = 0,81$ МПа – расчетное внутреннее давление, равное рабочему; $\varphi = 1$ – коэффициент прочности сварного соединения.

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{0,81 \cdot 1600}{2 \cdot 1,0(7,8 - 0,4)} = 87,6 \text{ МПа}; \quad (9)$$

$$\delta' = 15 \cdot \left(1 - \frac{87,6}{265,5}\right) = 10,1 \text{ мм}; \quad (10)$$

$$m = 0,315 \frac{150}{\sqrt{1600 \cdot 7,8}} + 0,232 = 0,655; \quad (11)$$

$$B = -0,234 \frac{150^2}{1600 \cdot 7,8} + 0,84 \frac{150}{\sqrt{1600 \cdot 7,8}} + 1,36 = 2,07; \quad (12)$$

$$\alpha_{\sigma} = 1 + 2,07 \cdot \left(\frac{10,1}{7,8}\right)^{0,655} = 3,45; \quad (13)$$

$$\sigma_{\max} = 3,45 \cdot 87,6 = 302,2 \text{ МПа.}$$

Проверка выполнения условия

$$\sigma_{\max} = 302,2 \text{ МПа} < 3\sigma_{\text{доп}} = 3 \cdot 177,0 = 531,0 \text{ МПа.}$$

Условие прочности выполняется.

Расчеты на прочность позволяют решать многие задачи в области неразрушающего контроля. Исходя из расчетов можно определять допустимые дефекты для определенных групп объектов, можно допускать наличие вмятин определенного размера.

Литература

1. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек: ГОСТ 34233.2–2017 [Электронный ресурс]. – Взамен ГОСТ 14249–89 в части разделов 2–5, ГОСТ 25221–82; введ. 01.09.19. – Режим доступа: <https://standart.stb.by/indexStandart.php#!/StandardId/553959> (дата доступа: 12.03.2025).

2. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования: ГОСТ 34233.1–2017 [Электронный ресурс]. – Взамен ГОСТ 14249–89 в части раздела 1, ГОСТ 26158–84 ; введ. 01.09.19. – Режим доступа : <https://standart.stb.by/indexStandart.php#!/StandardId/553956>.

3. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Метод расчета на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек: ГОСТ 34233.11–2017 [Электронный ресурс]. – Введ.01.09.19. – Режим доступа : <https://standart.stb.by/indexStandart.php#!/StandardId/553978>.

УДК 315

ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ ПРИ ПРЫЖКАХ В ВЫСОТУ С ШЕСТОМ

Студенты гр. 11904122 Жарикова Е. В., Гулевич О. Н.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основными параметрами при прыжке с шестом являются скорость, ускорение и траектория. Для измерения такой физической величины как скоростно-силовые качества спортсмена, используем трехосный акселерометр LIS302DL.

Акселерометр LIS302DL – это трехосевой микромеханический акселерометр, который предлагает измерение ускорения в трех направлениях. Он основан на принципе работы микроэлектромеханических систем (MEMS). MEMS-акселерометры используют микроэлектромеханические структуры, такие как кристалл кремния, для измерения ускорения. Внутри акселерометра LIS302DL есть микросхема, которая содержит микромеханические датчики ускорения.

Акселерометр LIS302DL состоит из двух ключевых элементов (рис. 1):

– МЭМС-кремниевый микромеханический емкостного сенсора, чувствительного к ускорению или повороту;

– схемы обработки сигнала, преобразующей выходные сигналы этого сенсора в аналоговые или цифровые сигналы.

А также МЭМС технологии позволяют создавать конденсаторы с подвижными обкладками на кремниевой подложке, что существенно уменьшает размер устройства, и что не маловажно – его стоимость.