

В. З. Нгуен, И. Г. Ибрагимов, А. Г. Гареев, Г. И. Латыпова

Расчет и проектирование систем протекторной защиты окрашенного опорного блока нефтегазовой платформы совместного предприятия «Вьетсовпетро»

Уфимский государственный нефтяной технический университет
450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1, тел. (347)2431636

В работе экспериментально определены электрохимические характеристики протекторного сплава системы Al–Zn–In, легированного рядом металлов. Предложен сплав, состоящий из Al – 2.5% Zn – 0.02% In, обладающий наилучшими защитными свойствами в условиях совместного предприятия «Вьетсовпетро». На основании полученных данных предложена методика расчета систем протекторной защиты опорного блока окрашенных платформ.

Ключевые слова: протекторная защита, катодная защита, протектор, срок службы протектора, опорный блок, плотность тока протектора.

Для расчета и проектирования протекторной защиты для подводной части опорного блока морских платформ на шельфе юга Вьетнама, срок службы которого 25 лет, необходимы следующие данные: срок службы и площадь защитного сооружения, необходимая плотность тока, свойство протектора, удельное сопротивление морской воды.

Расчет срока службы протектора

Суммарная площадь сооружения составляет 8118 м², тогда как площадь 3096 м² – на глубине 0–30 м и 5022 м² – ниже глубины 30 м. Безопасный коэффициент $\kappa = 1.025$. Площадь подводной части опорного блока платформы на глубине до 30 м составляет:

$$S_1 = 3096 \cdot 1.025 = 3173 \text{ м}^2. \quad (1)$$

На глубине ниже 30 м площадь подводной части опорного блока платформ составляет:

$$S_2 = 5022 \cdot 1.025 = 5148 \text{ м}^2. \quad (2)$$

Кроме того, имеются 16 ориентировочных трубок диаметром 720 мм с подводной длиной 50 м.

Сопротивление анода определяли по формулам Дуайта для относительно длинных анодов:

$$R_\alpha = (\rho/2\pi L) \cdot [\ln(2L/r) - 1], \quad (3)$$

и относительно малых анодов:

$$R_\alpha = (\rho/2\pi L) \cdot [\ln(2L/r) - 1], \quad (4)$$

где ρ – удельное сопротивление среды, Ом · м²;

L – длина анода, м;

r – радиус профиля анода, м

Если относительный профиль анода некруглый, то r определяется по формуле:

$$r = \sqrt{P/\pi}, \quad (5)$$

где P – площадь профиль анода без сердечника, м

При протекании анодного тока расчет приводят по закону Ома:

$$I_\alpha = \Delta E/R_\alpha, \quad (6)$$

где ΔE – изменение потенциала между катодом и защищаемым сооружением, В

Срок службы анода определяется по формуле:

$$\tau = \frac{C \cdot \mu \cdot m}{8760 \cdot I_{as}}, \quad (7)$$

где C – емкость анодного материала, А · ч/кг;

m – масса анода, кг;

8760 – количество часов в году;

I_{as} – средний ток одного тока;

μ – коэффициент полезного действия, %

Для штангового анода ($L/r \geq 4$) $m = 0.85 - 0.90$.

Для расчета срока службы протектора вычислим его средний ток для производства. На практике анод постепенно растворяется, поэтому при расчете и проектировании протектора уменьшаем горизонтальный профиль и длину анода.

Для определения точного срока службы, необходимо учесть изменения в рабочем процессе. Алгоритм расчета следующий:

– предположим, что во времени t_j , масса анода m_j , радиус r_j и длина L_j . С учетом данных размеров вычислим сопротивление анода и анодный ток по формулам (5) и (6) соответственно:

$$R_j = (\rho / 2\pi L_j) \cdot [\ln(4L_j / r_j) - 1], \quad (8)$$

$$I_j = \Delta E / R_j, \quad (9)$$

где ΔE – начальная разность потенциалов, равная 0.45 В

– когда анод снижает небольшое количество токоотдачи $a \cdot m_j$ (a – коэффициент, $a \leq \mu$), вычисляем время (Δt_j) в соответствии с уменьшенной массой анода:

$$\tau = \frac{C \cdot a \cdot m_j}{8760 \cdot I_j}, \quad (10)$$

– длина оставшейся части анода (L_{j+1}) во времени $t_{j+1} = t_j + \Delta t_j$, уменьшается на 10% в соответствии с уменьшением массы анодного материала:

$$L_{j+1} = L_j - 0.1 \cdot a \cdot L_j, \quad (11)$$

– эквивалентный радиус оставшейся части (r_{j+1}) определяется на основе массы оставшегося протектора. Удельную массу (M) и остаточную длину (L_{j+1}) определяли по формулам (11) и (12) соответственно:

$$M_{j+1} = M_j - a \cdot M_j, \quad (12)$$

$$r_{j+1} = \sqrt{P_{j+1} / \pi} = \sqrt{M_{o+1} / M \cdot L_{j+1} \cdot \pi}, \quad (13)$$

где P_{j+1} – площадь профиль анода во времени t_{j+1}

– из изменения размеров L_{j+1} и r_{j+1} анода во времени t_{j+1} повторно вычисляем сопротивление анода и производимый защитный ток:

$$R_{j+1} = (\rho / 2\pi L_{j+1}) \cdot [\ln(4L_{j+1} / r_{j+1}) - 1], \quad (14)$$

$$I_{j+1} = \Delta E / R_{j+1}. \quad (15)$$

Продолжаем повторять вычислительный процесс до уменьшения использованного в данном алгоритме коэффициента μ . Время t_n уменьшаем до использованного коэффициента, обладающим фактическим полезным временем использования протектора.

Расчет и проектирование протектора для окрашенного опорного блока

Расчет и проектирование протектора для окрашенного опорного блока, т. е. изменение потенциала между анодом и сталью составляет:

$$\Delta E = (-0.95B) - (-1.3B) = 0.35B.$$

Для окрашенного сооружения необходимый защитный ток увеличивается вследствие разрушения слоя краски. Поэтому, количество анодов вычисляли по необходимому среднему току. Количество анодного материала определяли по формуле:

$$N_1 I_{ак} \geq I_{1к} \text{ и } N_2 I_{ак} \geq I_{2к}, \quad (16)$$

где N_1, N_2 – количество необходимого анода для защиты платформ площадью S_1 и S_2 ;

$I_{ак}$ – средний ток одного протектора, А;

$I_{1к}, I_{2к}$ – необходимый минимальный средний суммарный ток для защиты платформы площадью S_1 и S_2 определяется по формулам:

$$I_{1к} = i_{1к} \cdot f_{1к} \cdot S_1, \quad (17)$$

$$I_{2к} = i_{2к} \cdot f_{2к} \cdot S_2, \quad (18)$$

где $f_{1к}, f_{2к}$ – средний коэффициент деградации покрытия площадью S_1 и S_2 , вычисляется с учетом срока службы $t = 25$ лет:

$$f_{1к} = 0.02 + 0.015 \cdot 25 = 0.395$$

$$f_{2к} = 0.02 + 0.012 \cdot 25 = 0.320.$$

Заменяя эти параметры в уравнениях (14) и (15), получаем $I_{1к}$ и $I_{2к}$. Значение $I_{ак}$ вычисляем из среднего размера выбранного анода. Таким образом, получаем количество необходимой массы протектора по уравнению (13).

Исходя из результатов расчета с помощью компьютерной программы проектирования

систем протектора для подводной части окрашенного опорного блока платформы, получили количество необходимого анода для защиты сооружения:

$$N = N_1 + N_2 = 53 + 62 = 115 \text{ анодов.}$$

Для относительно ориентированных труб количество анода вычисляется следующим образом:

$$n_1 I_{ак} \geq I_{1к}, \quad (19)$$

$$n_2 I_{ак} \geq I_{2к}, \quad (20)$$

где n_1, n_2 – количество необходимого анода для защиты трубок площадью S_1 и S_2 :

$$S_1 = (3.14 \cdot 0.72 \cdot 30) \cdot 1.025 \cdot 16 = 1112 \text{ м}^2$$

на глубине 0–30 м,

$$S_2 = (3.14 \cdot 0.72 \cdot 20) \cdot 1.025 \cdot 16 = 742 \text{ м}^2$$

на глубине ниже 30 м.

где $I_{ак}$ – конечный ток одного анода. По результатам расчета протекторной защиты для окрашенного сооружения $I_{ак} = 2.16 \text{ А}$,

$I_{1к}, I_{2к}$ – необходимый минимальный конечный суммарный ток для защиты трубок площадью S_1 и S_2 :

$$I_{1к} = i_{1к} \cdot f_{1к} \cdot S_1 = 39.5 \text{ А}$$

$$I_{2к} = i_{2к} \cdot f_{2к} \cdot S_2 = 19.0 \text{ А}$$

Окончательное количество анодов определили по формуле:

$$n = n_1 + n_2 = 18 + 9 = 27 \text{ анодов.}$$

Протекторы располагают на каждой части панели и диаф. Количество анодов на одной части вычисляются на основании отношения между каждой частью и сооружением. Однако

сооружение имеет сложную конструкцию, поэтому минимальное количество анодов трудно расположить равномерно на все сооружение. С другой стороны, срок действия краски не может быть гарантировать до конца срока службы сооружения (25 лет). Поэтому, для обеспечения защиты всего сооружения и повышения надежности защитной системы, добавляем 50 анодов.

Количество необходимых анодов на все сооружение (включая, ориентированные трубки) составит 192 анода.

Таким образом, на основании проведенного исследования определены оптимальные параметры катодной защиты нефтегазовой платформы совместного предприятия «Вьетсовпетро». При этом рассчитано минимальное и оптимальное количество протекторов и их массы. Данные расчеты служат для увеличения пожарной и промышленной безопасности нефтегазовых платформ, эксплуатирующихся в бассейне Восточного моря.

Литература

1. Люблинский Е. Я. Протекторная защита морских судов и сооружений от коррозии. – Л.: Судостроение, 1979. – 188 с.
2. Фархадов А. А., Абдуллаев М. М. // АНХ. – 1974. – № 4. – 262 с.
3. Негреев В. Ф. Коррозия морских нефтепромысловых сооружений и способы защиты. // Сб. Освоение морских нефтяных месторождений». – Гостоптехиздат, 1960. – 162 с.
4. Чендлер К. А. Коррозия судов и морских сооружений: Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1988. – 320 с.
5. Петреев В. Ф., Ханларова А. Г., Гаджиева Р. Г. Защита от коррозии морских нефтепромысловых сооружений. – М., 1964. – 301 с.
6. Плудек В. Защита от коррозии на стадии проектирования: Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 440 с.
7. Морская вода: Справ. руководство. / Под ред. А. С. Монины. – М.: Химия, 1978. – 392 с.