

Нефтяная скважина представляет собой сложную инженерную конструкцию, ответственной частью которой является обсадная колонна, служащая для крепления ствола скважины и изоляции различных геологических пластов. Дефекты зацементированных участков обсадной колонны, находящиеся в контакте с агрессивной средой, являются причиной возникновения анодных зон, приводящих к неравномерной коррозии [1]. Для решения коррозионных проблем применяют катодную защиту, при этом защищенность обсадной колонны зависит от распределения потенциала и тока защиты по высоте колонны. Цель работы заключалась в изучении влияния схемы соединений элементов обсадной колонны со станцией катодной защиты на распределение плотности тока защиты по глубине скважины. Рассматривали две схемы соединений: в первом случае стальные перемычки между элементами колонны отсутствовали, а во втором случае имели место (рис.1). Рис. 1 - Схема электрических соединений элементов обсадной колонны: 1 – перемычка колонна – кондуктор; 2 – перемычка направление – кондуктор; 3 – место присоединения дренажного кабеля от СКЗ

Исследования проводили на обсадной колонне скважины № 24173 НГДУ «Лениногорскнефть». Расчет распределения плотности тока катодной защиты по глубине обсадной колонны базируется на результатах измерения падений напряжения, полученных с помощью двухконтактного зонда [2]. Измерение падения напряжения на обсадной колонне скважины проводили по истечении 30 с после остановки зонда: до глубины 300 метров через каждые 7,5 метров, а на больших глубинах через каждые 50 метров. Исследуемая обсадная колонна состоит из четырех участков: направление, кондуктор, техническая колонна и эксплуатационная колонна (табл.1). Таблица 1 - Технические характеристики обсадной колонны № 24173 НГДУ «Лениногорскнефть»

Высота (L), м	Диаметр (d), м	Толщина стенки (e), м
Направление 30	0,426	0,012
Кондуктор 90	0,320	0,0095
Техническая колонна 300	0,245	0,0089
Эксплуатационная колонна 1870	0,168	0,0089

Распределение падения напряжения между контактами зонда по глубине обсадной колонны скважины при отключенной катодной защите (естественное состояние колонны при отсутствие перемычек) и двух различных схемах соединения элементов колонны представлено на рис.2. Расчет значений силы тока, протекающего через соответствующие участки обсадной колонны, проводили на основании данных о падении потенциала между контактами. Учитывали, что обсадная колонна состоит из четырех участков, отличающихся суммарной площадью поперечного сечения элементов колонны, которую рассчитывали по формулам [3]:

- Эксплуатационная колонна $S_1 = \pi \cdot d_1 \cdot e_1 = 0,005 \text{ м}^2$;
- Техническая колонна $S_2 = \pi \cdot (d_1 \cdot e_1 + d_2 \cdot e_2) = 0,012 \text{ м}^2$;
- Кондуктор $S_3 = \pi \cdot (d_1 \cdot e_1 + d_2 \cdot e_2 + d_3 \cdot e_3) = 0,021 \text{ м}^2$;
- Направление $S_4 = \pi \cdot (d_1 \cdot e_1 + d_2 \cdot e_2 + d_3 \cdot e_3 + d_4 \cdot e_4) = 0,037 \text{ м}^2$

где d_1-4 – диаметры наружной поверхности труб; e_1-4 – толщина труб. Рис. 2 - Распределение падения напряжения между контактами зонда по глубине обсадной колонны: 1 –

естественное состояние колонны, 2 - элементы колонны соединены перемычками, 3 - перемычки между элементами колонны отсутствуют

Сопротивление участков обсадной колонны между контактами зонда определяли по формуле: (Om) , где ρ – удельное сопротивление стали, равное $18 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$; l – длина участка между контактами зонда равная 7,5 м; S – площадь поперечного сечения участка, м^2 . Для рассматриваемой обсадной колонны сопротивления участков между контактами зонда составили: Ом; Ом; Ом. Ом. Ток, протекающий через контролируемые участки обсадной колонны, рассчитывали по формуле: $I = \frac{DU}{R}$, (A) где DU – падение напряжения между контактами зонда; R – сопротивление участка колонны между контактами зонда.

Распределение токов по длине обсадной колонны до глубины 350 метров представлено на рис. 3. Значения токов на участке 90-350 метров при двух схемах соединения (рис.3, кр. 2 и 3) практически совпадают. Рис. 3 – Распределение токов по глубине обсадной колонны: 1 – естественное состояние колонны; 2 - элементы колонны соединены перемычками (ток защиты 6 А), 3 - перемычки между элементами колонны отсутствуют (ток защиты 6 А)

Распределение токов защиты по глубине обсадной колонны (рис.3 кривые 2 и 3) показывает, что на глубине 30, 90 и 300 м наблюдается резкий рост силы тока, пиковое значение которой превышает ток защиты 6 А. Причиной скачков тока является несовпадение начала очередного участка колонны с положением точки металлического контакта (на глубине 300 метров между эксплуатационной и технической колоннами; на глубине 90 метров между технической колонной и кондуктором; на глубине 30 метров между кондуктором и направлением) [2]. Это приводит к тому, что при расчете силы тока используется значение площади поперечного сечения, учитывающего появление нового элемента конструкции, в то время как электрический контакт между этими элементами на рассматриваемых глубинах отсутствует. Наблюдаемое снижение силы тока, протекающего через эксплуатационную колонну, на глубинах, предшествующих появлению нового элемента колонны объясняется появлением блуждающего тока, стекающего с одного элемента колонны на другой [2]. На глубине до 90 метров схема соединений элементов обсадной колонны влияет на распределение тока защиты по глубине скважины (рис.3 кривые 2 и 3), при этом наличие перемычек между элементами колонны приводит к тому, что большая часть тока протекает по внешним элементам обсадной колонны. Такой вывод сделан на основании того, что рассчитанные значения силы тока протекающего через эксплуатационную колонну скважины в случае наличия перемычек между элементами колонны (рис.3 кривая 2) значительно ниже рассчитанных значений силы тока в случае отсутствия перемычек (рис.3 кривая 3). В рассматриваемом случае анализ распределения тока защиты по глубине колонны осложнен тем, что через колонну протекает блуждающий ток от соседних установок катодной защиты, сопоставимый по величине с током защиты. На устье скважины ток

защиты при отсутствии перемычек между элементами конструкции составляет 20 А (рис.3 кривая 3) из которых 14 А приходится на блуждающий ток (рис.3 кривая 1). Выводы 1. Показано влияние схемы соединений элементов обсадной колонны скважины на распределение тока защиты по глубине колонны. 2. Установлено, что наличие перемычек между элементами обсадной колонны приводит к тому, что большая часть тока протекает по внешним элементам конструкции.