

# ЕВРАЗИЯ СТРОЙ

*Унифицированные проектные решения  
по электрохимзащите от коррозии  
обсадных колонн*

					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-00.00		
					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.							
Проб.							
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							
					Лист	Листов	1
					ООО "Евразия-строй"		



АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-00.01

№ п.п.	Обозначение	Наименование
1	Раздел 1	Внешняя катодная защита
1.1.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.01	Схема совместной внешней катодной защиты обсадной колонны и выкидной линии
1.2.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.02	Схема раздельной внешней катодной защиты обсадной колонны
1.3.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.03	Расчет внешней катодной защиты обсадной колонны
1.4.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.04	Расчет внешней катодной защиты обсадной колонны
1.5.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.05	Расчет внешней катодной защиты обсадной колонны
1.6.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.06	Пример расчета внешней катодной защиты обсадной колонны
1.7.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.07	Пример расчета внешней катодной защиты обсадной колонны
1.8.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.08	Описание внешней катодной защиты обсадной колонны
1.9.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.09	Импульсный преобразователь ИПКЗ-РА, ИПКЗ-М-РА типа "Радуга"
1.10.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.10	Выпрямитель однофазный переменного тока В-ОПЕ, В-ОПЕ-Ц типа "Радуга"
1.11.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.11	Схема подключения к выпрямителю В-ОПЕ, В-ОПЕ-Ц цепей внешних объектов
1.12.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.12	Основные параметры полимерных анодных заземлителей АЗП-РА типа "Радуга"
1.13.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.13	Основные параметры полимерных анодных заземлителей глубинных упакованных АЗП-РА-ГУ типа "Радуга"
1.14.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.14	Электрод сравнения ЭНЕС-4М типа "Радуга"

№ п.п.	Обозначение	Наименование
2	Раздел 2	Внешняя протекторная защита
2.1.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.01	Схема совместной внешней протекторной защиты обсадной колонны и выкидной линии
2.2.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.02	Схема раздельной внешней протекторной защиты обсадной колонны
2.3.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.03	Расчет внешней протекторной защиты обсадной колонны
2.4.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.04	Расчет внешней протекторной защиты обсадной колонны
2.5.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.05	Расчет внешней протекторной защиты обсадной колонны
2.6.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.06	Пример расчета внешней протекторной защиты обсадной колонны
2.7.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.07	Пример расчета внешней протекторной защиты обсадной колонны
2.8.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.08	Протекторы ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У, ПМ-7.7У, ПМ-23У
2.9.	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.09	Описание внешней протекторной защиты обсадной колонны

АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-00.01				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				
<b>Содержание</b>				Лит.
Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн				Масса
				Масштаб
				Лист
				Листов
				1
				ООО "Евразия-строй"
				Формат А3



АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-00.02

№ п.п.	Обозначение	Наименование
3	Раздел 3	Внутренняя протекторная защита
3.1	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-03.01	Протекторная защита в водной среде внутренней поверхности обсадных колонн
3.2	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-03.02	Расчет протекторной защиты в водной среде внутренней поверхности обсадных колонн
3.3	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-03.03	Таблицы для расчета протекторной защиты внутренней поверхности обсадных колонн
3.4	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-03.04	Пример расчета протекторной защиты в водной среде внутренней поверхности обсадных колонн
3.5	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-03.05	Протекторы погружные типа ПП-115
3.6	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-03.06	Протекторы погружные типа ПП-120
3.7	АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-03.07	Арматура протектора ПП-120. Состав протекторного сплава

Перв. примен

Справ. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

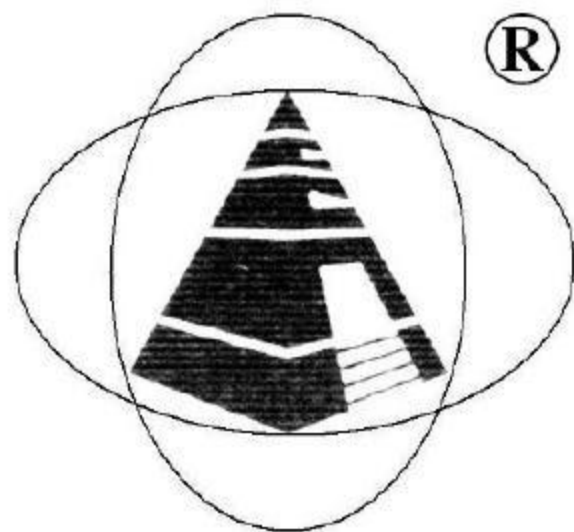
					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-00.02		
					<b>Содержание</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							
Проб.							
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							
					Лист 1		
					000 "Евразия-строй"		
					Формат А3		

Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн

Копировал

Формат А3





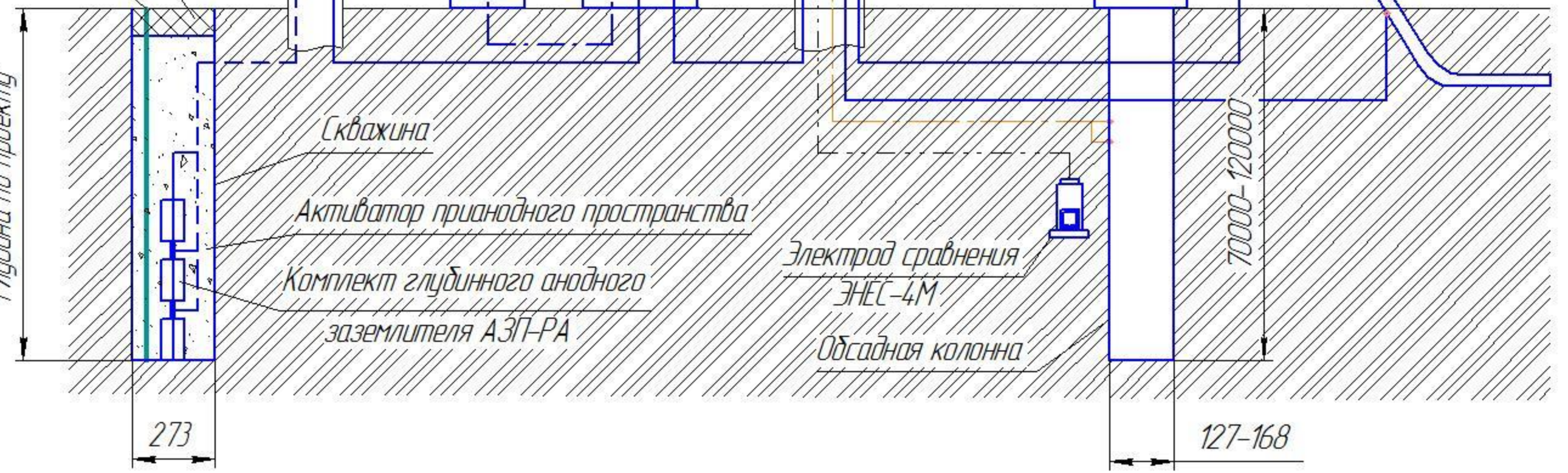
# ЕВРАЗИЯ СТРОЙ

*Унифицированные проектные решения  
по электрохимической защите от коррозии  
обсадных колонн  
Раздел 1. Внешняя катодная защита*

					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.00		
					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.							
Проб.							
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							
					Лист	Листов	1
					ООО "Евразия-строй"		



Глубина по проекту



Условные обозначения:

- · — · — · Измерительный кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 2x6 мм<sup>2</sup>
- Кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 1x35 мм<sup>2</sup>
- - - - - Кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 1x6 мм<sup>2</sup> в комплекте с АЗП-РА
- · - · - · - · Кабель КГВЭВнг 2x4 мм<sup>2</sup> от ЭНЕС-4М
- · - - - - Кабель АВВГ 2x16 мм<sup>2</sup> от КТП в станцию

★ Точка приварки кабеля

				<b>АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-01.01</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема совместной внешней катодной защиты обсадной колонны и выкидной линии	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист		Листов 1
Т.контр.								
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
Утв.								
Копировал						Формат А3		

Перв. примен. / Справ. № / Подп. и дата / Взам. инв. № / Инв. № дробл. / Подп. и дата / Инв. № подл.



Глубина по проекту

273

Скважина

Активатор прианодного пространства

Комплект глубинного анодного заземлителя АЗП-РА

Электрод сравнения ЭНЕС-4М

Обсадная колонна

7000-12000

127-168

Условные обозначения:

-  Измерительный кабель КГН-ХЛ ЭХ3 2x6 мм<sup>2</sup>
-  Кабель КГН-ХЛ ЭХ3 1x35 мм<sup>2</sup>
-  Кабель КГН-ХЛ ЭХ3 1x6 мм<sup>2</sup> в комплекте с АЗП-РА
-  Кабель КГВЭВнг 2x4 мм<sup>2</sup> от ЭНЕС-4М
-  Кабель АВВГ 2x16 мм<sup>2</sup> от КТП в станцию

 Точка приварки кабеля

				<b>АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-01.02</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема раздельной внешней катодной защиты обсадной колонны	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.						Лист		
Пров.						Листов		1
Т.контр.						ООО "Евразия-строй"		
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн			Формат А3
Утв.					Копировал			

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № докл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



Расчет производится на основании Учебного пособия  
 "Катодная защита обсадных колонн нефтяных скважин"  
 (авторы С.А. Долгих, В.Э. Ткачева, Р.А. Кайдриков, Б.Л. Журавлев)

Исходные данные для расчета:

- Удельное электрическое сопротивление грунта  $\rho$ , Ом\*м  
 Если грунт неоднородный, то необходимо знать распределение толщин слоев грунта  $H_i$  и удельного сопротивления каждого слоя  $\rho_i$
- Диаметр обсадной колонны  $D$ , м
- Толщина стенки обсадной колонны, м
- Длина обсадной колонны  $L$ , м
- Высота подъема цемента за эксплуатационными колоннами скважин
- Длина, диаметр, толщина стенки, глубина прокладки в грунте и сопротивление наружного изоляционного покрытия выкидной линии или разводящего водовода скважины.

Проектированию катодной защиты предшествуют экспериментальные работы, в результате которых получают следующие дополнительные материалы:

- Стационарные катодные поляризационные кривые "плотность тока - величина катодной поляризации" трубной стали для наиболее агрессивных пластовых вод разреза скважины
- Кривые распределения падения напряжения на эксплуатационной колонне по глубине скважины, снятые двухконтактным зондом в процессе опытной катодной защиты при трех значениях защитного тока: 5, 10 и 20 А

Определение основных параметров катодной защиты:

1) Снятие стационарных катодных поляризационных кривых

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi(j),$$

где  $j$  - плотности тока, А/м<sup>2</sup>

$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_c$ , где  $\varphi$  - электродный потенциал при катодной поляризации, В  
 $\varphi_c$  - стационарный потенциал до наложения тока, В

2) Нахождение зависимости плотности тока в контролируемом интервале колонны от поляризующего тока  $j=j(i_0)$

Эта зависимость устанавливается экспериментально путем снятия кривых падения напряжения на обсадной колонне двухконтактным зондом как минимум при трех значениях защитного тока  $i_0$ : 5, 10, 20 А  
 Плотность тока на поверхности обсадной колонны по данным измерений напряжения двухконтактным зондом рассчитывается:

$$j = (\Delta U_1 - \Delta U_2) / (\pi * g_k * D_k * l_3 * \Delta L), \text{ А/м}^2$$

где  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  - падения напряжения на обсадной колонне, измеренные в двух точках, между которыми определяется плотность тока утечки, В;  $g_k$  - продольное сопротивление обсадной колонны, Ом/м;  $D_k$  - наружный диаметр обсадной колонны, м;  $l_3$  - расстояние между контактами зонда (обычно  $l_3 = 7,5$  м);  $\Delta L$  - расстояние между точками измерения  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$ , м.

По рассчитанным значениям плотности тока, соответствующим различным значениям поляризующего тока, находится зависимость  $j=j(i_0)$  с помощью аппроксимации по возможности простой аналитической формулой (приближенно эту зависимость можно принять прямо пропорциональной).

В полойно неоднородных по удельному электрическому сопротивлению грунтах для определения плотности тока в любом интервале эксплуатационной колонны можно пользоваться приближенной аналитической формулой:

$$j_i = \frac{i_0 * ch[\alpha_k (L_k - Z_i)]}{\pi * D_k * \rho_i * \sum H_i * ch[\alpha_k (L_k - Z_i)] / \rho_i}, \text{ А/м}^2$$

где  $ch$  - гиперболический косинус

					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.03			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет внешней катодной защиты обсадной колонны	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.						ООО "Евразия-строй"		
И.контр.					по защите от коррозии обсадных колонн			
Утв.					Копировал			
					Формат А3			



Перв. примен

Стр. №

$\alpha_k$  – коэффициент утечки, 1/м;  $L_k$  – длина эксплуатационной колонны, м;  $I_0$  – поляризующий ток, А;  $Z_i$  – координата середины  $i$ -го слоя, м;  $\rho_i$  – удельное сопротивление, Ом\*м;  $H_i$  – толщина  $i$ -го слоя, м; Для расчетов по этой формуле необходимо пользоваться распределением удельного сопротивления горных пород по глубине скважины. Весь разрез скважины по величине этого параметра разбивается на интервалы (слои), толщина исследуемого слоя не должна превышать 100 м. В качестве контролируемого интервала эксплуатационной колонны выбирается наиболее агрессивный интервал.

3) Определяется зависимость катодной поляризации обсадных труб в контролируемом интервале колонны от силы поляризующего тока  $I_0$  путем подстановки значения плотности тока  $j=j(I_0)$  для исследуемого интервала в функцию  $\Delta\phi = \Delta\phi(j)$ , полученную в пластовой воде этого же интервала:

$$\Delta\phi = \Delta\phi(j) = \Delta\phi [j(I_0)] = \Delta\phi I(I_0), В$$

Рассчитывается величина катодной поляризации в зависимости от заданной степени защищенности обсадных труб в контролируемом интервале колонны  $P=0,7-0,8$  по формуле:

$$\Delta\phi_k = 0,08 * I_g (1-P), В$$

Определяется сила защитного тока обсадной колонны  $I_0$ , обеспечивающего заданную степень защищенности в контролируемом интервале, путем подстановки значения  $\Delta\phi_k$  в функцию  $\Delta\phi = \Delta\phi I(I_0)$ , т.е.  $I_0 = I_0(\Delta\phi_k)$ .

Также необходимо ввести коэффициент  $K_a$ , учитывающий влияние удаления анодного заземления  $I_a$  на величину защитного тока:

$$K_a = 0,23 * L_1^{0,31} * I_a^{-0,1}$$

где  $L_1$  – глубина скважины, на которой контролируется степень защищенности колонны

Рекомендуется применять следующие значения защитного тока:

$I_0 = 8 А$  – для скважин с уровнем подъема цемента за эксплуатационной колонной ниже дашмака кондуктора

$I_0 = 6 А$  – для скважин с уровнем подъема цемента за эксплуатационной колонной выше дашмака кондуктора

4) Определение силы тока СКЗ  $I$  в расчете на защиту одной скважины с учетом проектного значения  $I_a$  и расхода части тока на выкидную линию или разводящий водовод (при совместной защите) производится по формуле:

$$I = K_m * K_a * I_0, А$$

где  $K_m$  – коэффициент, учитывающий потребление тока СКЗ выкидной линией или разводящим водоводом

$$K_m = \frac{r_k * \alpha_m * cth(\alpha_k * L_k)}{r_m * \alpha_k * cth(\alpha_m * L_m)} + 1$$

где  $L_k$  – длина обсадной колонны, м;  $r_m$  – продольное сопротивление выкидной линии, Ом/м;  $\alpha_k$  – коэффициент утечки выкидной линии, 1/м;  $L_m$  – длина выкидной линии, м;  $cth(\alpha * L)$  – гиперболический котангенс аргумента ( $\alpha * L$ ).

При отдельной схеме катодной защиты, а также в случае полимерной наружной изоляции выкидной линии или разводящего водовода при совместной защите  $K_m = 1$ .

Коэффициенты утечки обсадной колонны и выкидной линии определяются по формуле:

$$\alpha = \sqrt{r/R}, 1/м$$

где  $r$  и  $R$  – продольное (Ом/м) и переходное (Ом\*м) сопротивление протяженного подземного сооружения.

Продольное сопротивление протяженного сооружения:

$$r = 0,32 * \frac{\rho_{ст}}{t(D-t)}, Ом/м, где \rho_{ст} - удельное сопротивление трубной стали (\rho_{ст} = 0,24 Ом*мм^2/м); t - толщина стенки труб, м; D - наружный диаметр труб, м$$

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. №

				АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-0104				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет внешней катодной защиты обсадной колонны	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
И.контр.						Формат А3		
Утв.					Копировал			



Переходное сопротивление выкидной линии или разводящего водовода находится решением трансцендентного уравнения:

$$R_m = \frac{R_u}{\pi \cdot D_m} + \frac{\rho_z}{2\pi} \ln \frac{R_m}{D_m \cdot h_m \cdot r_m}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

где  $R_u$  – сопротивление наружной изоляции,  $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$   
 $D_m$  – диаметр, м;  $h_m$  – глубина залегания, м  
 $\rho_z$  – среднее удельное сопротивление грунта в районе прохождения выкидной линии или разводящего водовода,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$

Переходное сопротивление обсадной колонны находится решением трансцендентного уравнения:

$$R_k = \frac{\rho_p}{2\pi} \ln \frac{2}{D_k \cdot \sqrt{(r_k/R_k)}}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$\rho_p$  – среднее удельное сопротивление пластов в разрезе скважин,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$

$$\rho_p = \frac{L_k}{\sum H_i / \rho_i}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$\rho_i$  – удельное электросопротивление,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ ;  $H_i$  – толщина  $i$ -го пласта, м

5) Электроды глубинного анодного заземления должны проектироваться ниже глубины промерзания грунта (то есть ниже нулевой отметки на 2–3 м). Требуемое общее сопротивление анодного заземлителя или контура нескольких заземлителей:

$$R_{з.об.} = (U_m / (I_{об.} \cdot K_3)) - R_{пр}, \text{ Ом}$$

где  $U_m$  – максимальное номинальное напряжение на выходе одной станции катодной защиты, В;  $K_3$  – коэффициент запаса по напряжению, принимаемый равным  $K_3=2$ ;  $I_{об.}$  – общий ток станции катодной защиты, А;

$R_{пр}$  – сопротивление дренажных кабелей

$I_{об.} = K_{ин} \cdot \sum I_i$ , где  $I_i$  – ток установки катодной защиты одной скважины;

$\sum I_i$  – сумма токов установки катодной защиты всех скважин;

$K_{ин}$  – коэффициент интерференции (при индивидуальной схеме  $K_{ин}=1$ , при кустовой схеме  $K_{ин}=1,2$ )

Сопротивление одного заземлителя, установленного вертикально в грунте:

$$R_3 = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot l} \left( \ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t + 3l}{4t - l} \right), \text{ Ом}$$

где  $\rho_z$  – среднее удельное сопротивление грунта в районе заземлителя;  
 $d$  – наружный диаметр электродов заземлителя;  $t$  – конструктивное (проектное) заглубление заземлителя (расстояние от поверхности земли до верхнего торца заземлителя), м;  $l$  – общая длина электродов заземлителя

Требуемое количество электродов находится по формуле:  
 $N = R_3 / (K_3 \cdot R_{з.об.})$ , шт.

$K_3$  – коэффициент экранирования (принимается равным 0,7)

Срок службы анодного заземления:

$$T_3 = (M \cdot K_u) / (I_{об.} \cdot q_3), \text{ лет}$$

где  $M$  – общая масса электродов, кг;  $K_u=0,77$  – коэффициент использования массы заземлителя;  $q_3$  – скорость растворения материала электродов анодного заземления,  $\text{кг}/\text{А} \cdot \text{год}$

Требуемая мощность на выходе станции катодной защиты:

$$N = I_{об.} \cdot U_m \cdot K_{зм}, \text{ Вт}$$

где  $K_{зм}=1,5-2$  – коэффициент запаса мощности

					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.05			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет внешней катодной защиты обсадной колонны	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
И.контр.								
Утв.					Копировал			
						Формат А3		



Пример расчета внешней катодной защиты обсадной колонны.

Исходные данные:

Обсадная колонна:

диаметр  $D_k=0,133$  м, длина  $L_k=70$  м, толщина стенки  $t_k=5$  мм

Уровень подъема цемента за эксплуатационной колонной ниже дашмака кондуктора.

Удельное сопротивление грунта разбивается на два интервала по

глубине:  $H_1=30$  м,  $\rho_1=35$  Ом\*м;  $H_2=40$  м;  $\rho_2=45$  Ом\*м

Выкидная линия:

диаметр  $D_m=0,1$  м, длина  $L_m=300$  м, толщина стенки  $t_m=5$  мм,

сопротивление наружной изоляции  $R_u=20$  Ом\*м; глубина прокладки  $h_m=1$  м

Предусматривается совместная защита обсадной колонны и выкидной линии

Расчет:

1) Среднее удельное сопротивление пород разреза скважины

$$\rho_p = L_k / (\sum H_i / \rho_i) = 70 / (30/35 + 40/45) = 40 \text{ Ом*м}$$

2) Сила тока станции катодной защиты в расчете на защиту одной скважины с учетом расхода части тока на защиту выкидной линии:

$$I = I_0 \cdot K_m \cdot K_a, \text{ А}$$

Из практического опыта, описанного в Учебном пособии "Катодная защита обсадных колонн нефтяных скважин" для скважины с уровнем подъема цемента за эксплуатационной колонной ниже дашмака кондуктора принимается значение  $I_0=8$  А.

Удаление анодного заземления от обсадной колонны принимается равным  $l_a=30$  м.

Коэффициент, учитывающий влияние удаления анодного заземления на величину защитного тока:

$K_a = 0,23 \cdot L_1^{0,31} \cdot l_a^{-0,1} = 0,61$ , где  $L_1=70$  м – глубина скважины, на которой контролируется степень защищенности колонны.

Коэффициент, учитывающий потребление тока станции катодной защиты выкидной линией:

$$K_m = \frac{r_k \cdot \alpha_m \cdot \text{cth}(\alpha_k \cdot L_k)}{r_m \cdot \alpha_k \cdot \text{cth}(\alpha_m \cdot L_m)} + 1$$

$$r_k = 0,32 \frac{\rho_{cm}}{t_k(D_k - t_k)} = 0,32 \cdot \frac{0,24}{5(133-5)} = 0,00012 \text{ Ом/м}$$

$$r_m = 0,32 \frac{\rho_{cm}}{t_m(D_m - t_m)} = 0,32 \cdot \frac{0,24}{5(100-5)} = 0,00016 \text{ Ом/м}$$

$$R_m = \frac{R_u}{\pi \cdot D_m} + \frac{\rho_p}{2\pi} \ln \frac{R_m}{D_m \cdot h_m \cdot r_m}, \text{ Ом*м}$$

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{R_m}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016}$$

Расчет ведется методом последовательных приближений. В первом приближении принимается  $R_m = R_u + \rho_p = 20 + 40 = 60 \text{ Ом*м}$

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{60}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016} = 160 \text{ Ом*м}$$

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{160}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016} = 166 \text{ Ом*м}$$

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{166}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016} = 167 \text{ Ом*м}$$

				АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.06				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пример расчета внешней катодной защиты обсадной колонны	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.						ООО "Евразия-строй"		
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн			
Утв.					Копировал			
						Формат А3		



Перв. примен

$$R_k = \frac{\rho_p}{2\pi} \ln \frac{2}{D_k \cdot \sqrt{(r_k/R_k)}}, \text{ Ом*м}$$

$$R_k = \frac{20}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{2}{0,133 \cdot \sqrt{(0,00012/R_k)}}$$

Расчет ведется методом последовательных приближений.  
В первом приближении принимается  $R_m = \rho_p = 40 \text{ Ом*м}$

$$R_k = \frac{20}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{2}{0,133 \cdot \sqrt{(0,00012/40)}} = 29 \text{ Ом*м}$$

$$R_k = \frac{20}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{2}{0,133 \cdot \sqrt{(0,00012/29)}} = 28 \text{ Ом*м}$$

Коэффициент утечки  $\alpha_m = \sqrt{(r_m/R_m)} = \sqrt{(0,00016/167)} = 0,00098 \text{ 1/м}$

Коэффициент утечки  $\alpha_k = \sqrt{(r_k/R_k)} = \sqrt{(0,00012/28)} = 0,0021 \text{ 1/м}$

$$K_m = \frac{r_k \cdot \alpha_m \cdot \text{cth}(\alpha_k \cdot L_k)}{r_m \cdot \alpha_k \cdot \text{cth}(\alpha_m \cdot L_m)} + 1 = \frac{0,00012 \cdot 0,00098 \cdot \text{cth}(0,0021 \cdot 70)}{0,00016 \cdot 0,0021 \cdot \text{cth}(0,00098 \cdot 300)} + 1 = 1,685$$

Сила тока станции катодной защиты в расчете на защиту одной скважины с учетом расхода части тока на защиту выкидной линии:

$$I = I_0 \cdot K_m \cdot K_a = 8 \cdot 1,685 \cdot 0,61 = 8,22 \text{ А}$$

Выбирается станция ИПКЗ-РА-0,6 с номинальным током 12,5 А и максимальным номинальным напряжением 48 В.

3) Электроды глубинного анодного заземления марки АЗП-РА должны проектироваться ниже глубины промерзания грунта (то есть ниже нулевой отметки на 2-3 м).

Требуемое общее сопротивление анодного заземлителя или контура нескольких заземлителей:

$$R_{з.об.} = (U_m / (I_{об.} \cdot K_z)) - R_{np} = 48 / (8,22 \cdot 2) - 0,05 = 2,87 \text{ Ом}$$

Справ. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Таблица 1. Требования к величине сопротивления растеканию тока анодных заземлителей

Грунт	Удельное сопротивление грунта, Ом*м	Сопротивление растеканию тока анодного заземления, не более, Ом
Солончаки, соры	Менее 10	0,5
Болота, влажные глины, суглинки	От 10 до 50	1,0
Супесь	От 50 до 100	1,5
Пески	От 100 до 500	3,0
Скальный грунт, сухие пески	Более 500	10,0
Вечномерзлый грунт	Более 500	10,0

В соответствии с Таблицей 1 величину  $R_{з.об.}$  необходимо скорректировать до значения  $R_{з.об.} = 1 \text{ Ом}$

Сопротивление одного заземлителя АЗП-РА, установленного вертикально в грунте при его удельном сопротивлении 40 Ом\*м по экспериментальным данным ООО "Евразия-строй" составит  $R_z = 69 \text{ Ом}$

Требуемое количество электродов находится по формуле:

$N = R_z / (K_z \cdot R_{з.об.}) = 69 / (0,7 \cdot 1) = 99 \text{ шт.}$

Если применить заземлитель АЗП-РА-ГУ с коксо-минеральным активатором, требуемое  $N$  уменьшается в 2 раза.

Конечное число электродов принимается равным 50 шт. Целесообразно применить 2 комплекта заземлителей марки АЗП-РА-ГУ-25-40 (две цепочки заземлителей, состоящие из 25 шт каждая, монтируемые в две скважины глубиной 40 м).

Срок службы  $T_z = 75 \text{ лет}$ ; Требуемая мощность  $N = 8,22 \cdot 48 \cdot 1,5 = 591 \text{ Вт}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							
Пров.							
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							
Пример расчета внешней катодной защиты обсадной колонны					Лист	Листов	1
Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн					ООО "Евразия-строй"		



АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.08

Перв. примен

Стр. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Совместная схема внешней катодной защиты обсадной колонны и выкидной линии (или разводящего водовода) включает в себя: станцию катодной защиты – ИПКЗ-РА или В-ОПЕ типа "Радуга", подключенную кабелем АВВГ 2х16 мм<sup>2</sup> к комплектной трансформаторной подстанции.

"+" от станции кабелем КГН-ХЛ ЭХЗ 1х35 мм<sup>2</sup> подключен через контрольно-измерительный пункт к анодному заземлению, состоящему из электродов АЗП-РА-ГУ типа "Радуга".

"-" от станции кабелем КГН-ХЛ ЭХЗ 1х35 мм<sup>2</sup> подключен через контрольно-измерительный пункт (с блоком совместной защиты БСЗ) к обсадной колонне и к выкидной линии (или разводящему водоводу).

К КИП с БСЗ также подключается электрод сравнения неполяризующийся длительного действия ЭНЕС-4М.

К обсадной колонне подключается измерительный кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 2х6 мм<sup>2</sup>.

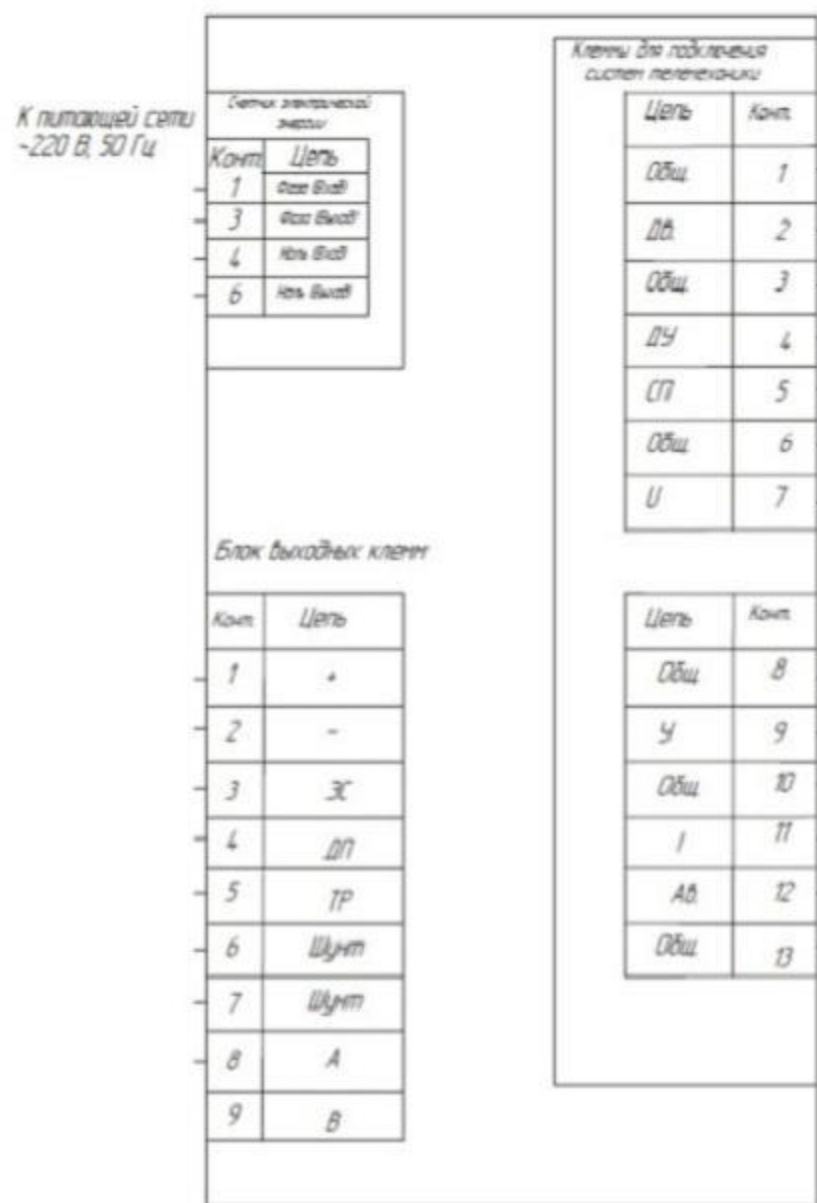
При отдельной катодной защите обсадной колонны схема работает до электроизолирующей вставки, а защита выкидной линии (или разводящего водовода) должна предусматриваться по отдельному проекту.

В этом случае кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 1х35 мм<sup>2</sup> подключается только к обсадной колонне, а КИП проектируется без блока совместной защиты.

					<b>АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-01.08</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Описание внешней катодной защиты обсадной колонны	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
Утв.								
					Копировал			
					Формат А3			



Схема подключения внешних цепей к импульсному преобразователю ИПКЗ-РА, ИПКЗ-М-РА типа "Радуга"



- ⊕ - к анодному заземлителю
- - к защищаемому сооружению
- Э - к электроду сравнения
- ДП - к датчику потенциала
- ТР - к защищаемому сооружению (соединительный провод)
- Шунт - измерительный шунт
- А, В - линия RS485
- Общ - общий провод
- ДВ - вход линии датчика вскрытия двери
- ДУ - дискретный вход для перевода БУ в режим дистанционного управления
- СП - выход "Суммарный потенциал"
- U - выходное напряжение станции
- У - вход "Управление"
- I - выход "Ток"
- АВ - выход клеммы "Авария"

Основные технические характеристики импульсных преобразователей типа "Радуга" ИПКЗ-РА, ИПКЗ-М-РА ТУ 34.15-011-73892839-2011

№ п/п	Наименование параметров	ИПКЗ-РА-0,3 ИПКЗ-М-РА-0,3								
		ИПКЗ-РА-0,3 ИПКЗ-М-РА-0,3	ИПКЗ-РА-0,6 ИПКЗ-М-РА-0,6	ИПКЗ-РА-0,8 ИПКЗ-М-РА-0,8	ИПКЗ-РА-1,0 ИПКЗ-М-РА-1,0	ИПКЗ-РА-2,0 ИПКЗ-М-РА-2,0	ИПКЗ-РА-3,0 ИПКЗ-М-РА-3,0	ИПКЗ-РА-4,0 ИПКЗ-М-РА-4,0	ИПКЗ-РА-5,0	
1	Номинальная выходная мощность, кВт	0,3	0,6	0,8	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	
2	Номинальный выходной ток, А	6,3	12,5	16	20	40	63	80	100	
3	Номинальное выходное напряжение, В	48	48	48	48	48/96	48/96	48/96	48	
4	Напряжение питающей сети, В	110 + 264								
5	Номинальная частота питающей сети, Гц	50 ± 3								
6	Пульсация выходного напряжения, %, не более	1								
7	Диапазон регулирования выходного тока и напряжения, %	2-100								
8	Диапазон измерения поляризационного и суммарного потенциалов, В	-4,5 ... +4,5								
9	Диапазон измерения суммарного потенциала (ИПКЗ-М-РА), В	0 ... 5								
10	Диапазон задания суммарного потенциала, В	-3,5 ... -0,5								
11	Диапазон задания поляризационного потенциала (ИПКЗ-РА), В	-2,0 ... -0,5								
12	Точность поддержания выходного тока, выходного напряжения, поляризационного и суммарного потенциалов, %, не более	±1								
13	КПД в номинальном режиме, %, не менее	89								
14	Коэффициент мощности, не менее	0,95								
15	Габариты, не более, мм - ИПКЗ-РА, ИПКЗ-РА-Р, ИПКЗ-РА (48/96В) - ИПКЗ-М-РА	1015x625x450 645x532x280								
16	Возможность 100% резервирования силовых модулей	+	+	+	+	+	+	+	-	
17	Срок службы, лет, не менее	15								

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							
Пров.							
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							

Импульсный преобразователь ИПКЗ-РА, ИПКЗ-М-РА типа "Радуга"

Лист 1

Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн

ООО "Евразия-строй"

Формат А3



Основные технические характеристики выпрямителей В-ОПЕ

№ п/п	Наименование параметров	В-ОПЕ-ТМ-112						
		-20-12-У1 (У2)	-25-24-У1 (У2)	-40-24-У1 (У2)	-40-48-У1 (У2)	-63-48-У1 (У2)	-80-48-У1 (У2)	-100-48-У1 (У2)
1	Выходная номинальная мощность, кВт	0,24	0,6	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
2	Номинальный выпрямленный ток, А - в основном режиме (U,I) - в дополнительном режиме (2U, 0,5I)	20	25	40	40	63 31,5	80 40	100 50
3	Номинальное выпрямленное напряжение, В - в основном режиме (U,I) - в дополнительном режиме (2U, 0,5I)	12	24	24	48	48 96	48 96	48 96
4	Коэффициент полезного действия, в номинальном режиме, не менее, %	75	75	75	75	75	75	75
5	Коэффициент мощности в номинальном режиме, не менее	0,8						
6	Напряжение однофазной питающей сети, В	220±44						
7	Номинальная частота питающей сети, Гц	50±3						
8	Число фаз	1						
9	Диапазон регулировки выпрямленного тока и напряжения, %	0...100						
10	Диапазон регулирования уставки - суммарного потенциала, В	-3,5...-0,5						
11	Пульсация тока на выходе, не более, %	3						
12	Количество автоматических включений, раз	от 2 до 6						
13	Стабильность поддержания тока или потенциала, %	±2,5						
14	Срок службы, не менее, лет	15						

Основные технические характеристики выпрямителей с цифровым дисплеем В-ОПЕ-Ц

№ п/п	Наименование параметров	В-ОПЕ-ТМ-112						
		-20-12-Ц-У1 (У2)	-25-24-Ц-У1 (У2)	-40-24-Ц-У1 (У2)	-40-48-Ц-У1 (У2)	-63-48-Ц-У1 (У2)	-80-48-Ц-У1 (У2)	-100-48-Ц-У1 (У2)
1	Выходная номинальная мощность, кВт	0,24	0,6	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
2	Номинальный выпрямленный ток, А - в основном режиме (U,I) - в дополнительном режиме (2U, 0,5I)	20	25	40	40	63 31,5	80 40	100 50
3	Номинальное выпрямленное напряжение, В - в основном режиме (U,I) - в дополнительном режиме (2U, 0,5I)	12	24	24	48	48 96	48 96	48 96
4	Коэффициент полезного действия, в номинальном режиме, не менее, %	75	75	75	75	75	75	75
5	Коэффициент мощности в номинальном режиме, не менее	0,8						
6	Напряжение однофазной питающей сети, В	220±44						
7	Номинальная частота питающей сети, Гц	50±3						
8	Число фаз	1						
9	Диапазон регулировки выпрямленного тока и напряжения, %	0...100						
10	Диапазон регулирования уставки - суммарного потенциала, В	-3,5...-0,5						
11	Пульсация тока на выходе, не более, %	3						
12	Количество автоматических включений, раз	от 2 до 6						
13	Стабильность поддержания тока или потенциала, %	±2,5						
14	Срок службы, не менее, лет	15						

\* ТУ 34 15-007-73892839-2006

				<b>АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-01.10</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Выпрямитель однофазный переменного тока В-ОПЕ, В-ОПЕ-Ц типа "Радуга"	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
Н.контр.								
Утв.								

Перв. примен

Стр. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



Схема подключения к выпрямителю В-ОПЕ, В-ОПЕ-Ц цепей внешних объектов

К электроду сравнения

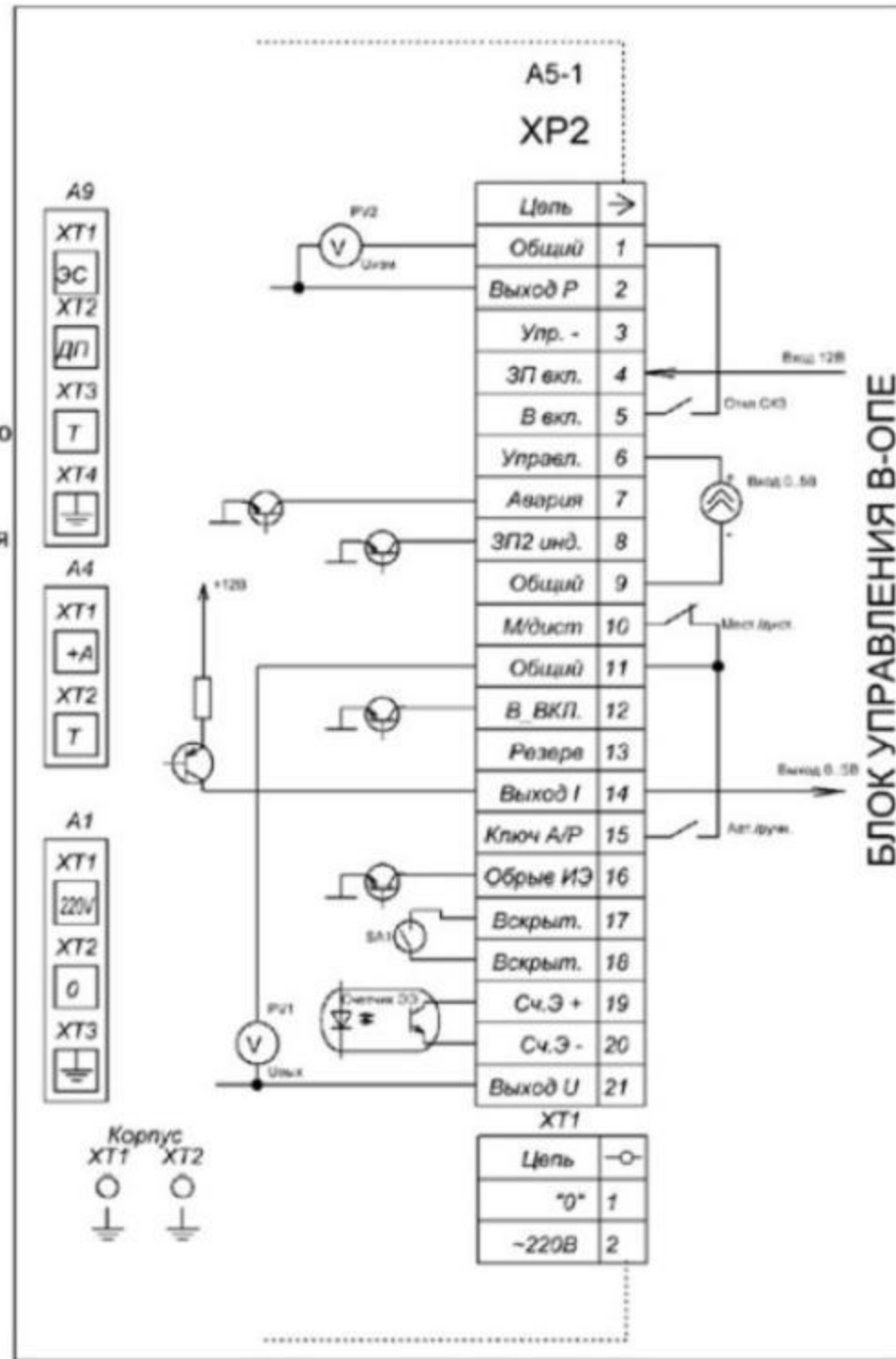
К датчику потенциала электрода сравнения

К защищаемому сооружению (измерительный провод)  
К экранирующей оболочке кабеля электрода сравнения

К анодному заземлителю (дренажный кабель)  
К защитному сооружению (дренажный кабель)

К питающей сети ~220В, 50Гц

Заземление



БЛОК УПРАВЛЕНИЯ В-ОПЕ

АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-01.11

Схема подключения к выпрямителю В-ОПЕ, В-ОПЕ-Ц цепей внешних объектов

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

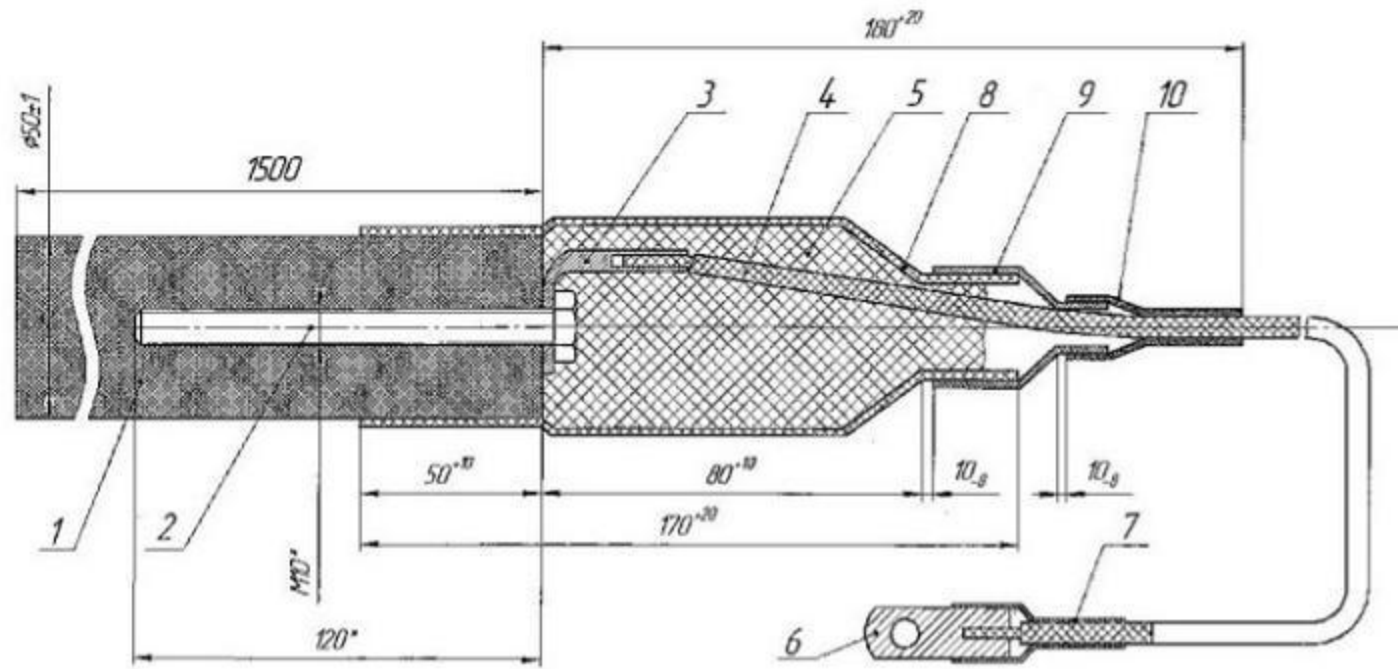
В-ОПЕ, В-ОПЕ-Ц ТУ 3415-007-73892839-2006

Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн

ООО "Евразия-строй"



Общий вид АЗП-РА



1\* Размеры для справок

- 1 - электрод
- 2 - болт
- 3, 6 - наконечник медный
- 4 - кабель-вывод
- 5 - герметик
- 7, 8, 9, 10 - трубка с клеевым слоем

№ п/п	Наименование параметров	Значение
1	Максимальная токовая нагрузка, А	5,0
2	Скорость анодного растворения, кг/А×год	0,01...0,05
3	Габаритные размеры электрода, мм, не менее: - диаметр - длина (высота)	50±1 1500
4	Габаритные размеры упакованного электрода, мм, не менее: - диаметр - длина (высота)	200 1800
5	Марка кабель-вывода	КГН-ХЛ ЭХЗ 1×6
6	Длина кабель-вывода, м	3,0
7	Марка магистрального кабеля	КГН-ХЛ ЭХЗ 1×35
8	Масса электрода, кг, не более	5,0
9	Масса одного АЗП-РА-У (с активатором прианодного пространства), кг, не более	60
10	Стандартное расстояние между точками присоединения к магистральному кабелю при вертикальной установке анодных заземлителей, м	5
11	Срок службы, лет, не менее	35
12	Температура эксплуатации, °С	от 0 до 60

АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-01.12

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Основные параметры  
полимерных анодных  
заземлителей АЗП-РА  
типа "Радуга"

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

Унифицированные проектные решения  
по защите от коррозии обсадных колонн

ООО "Евразия-строй"



Перв. примен.

Справ. №

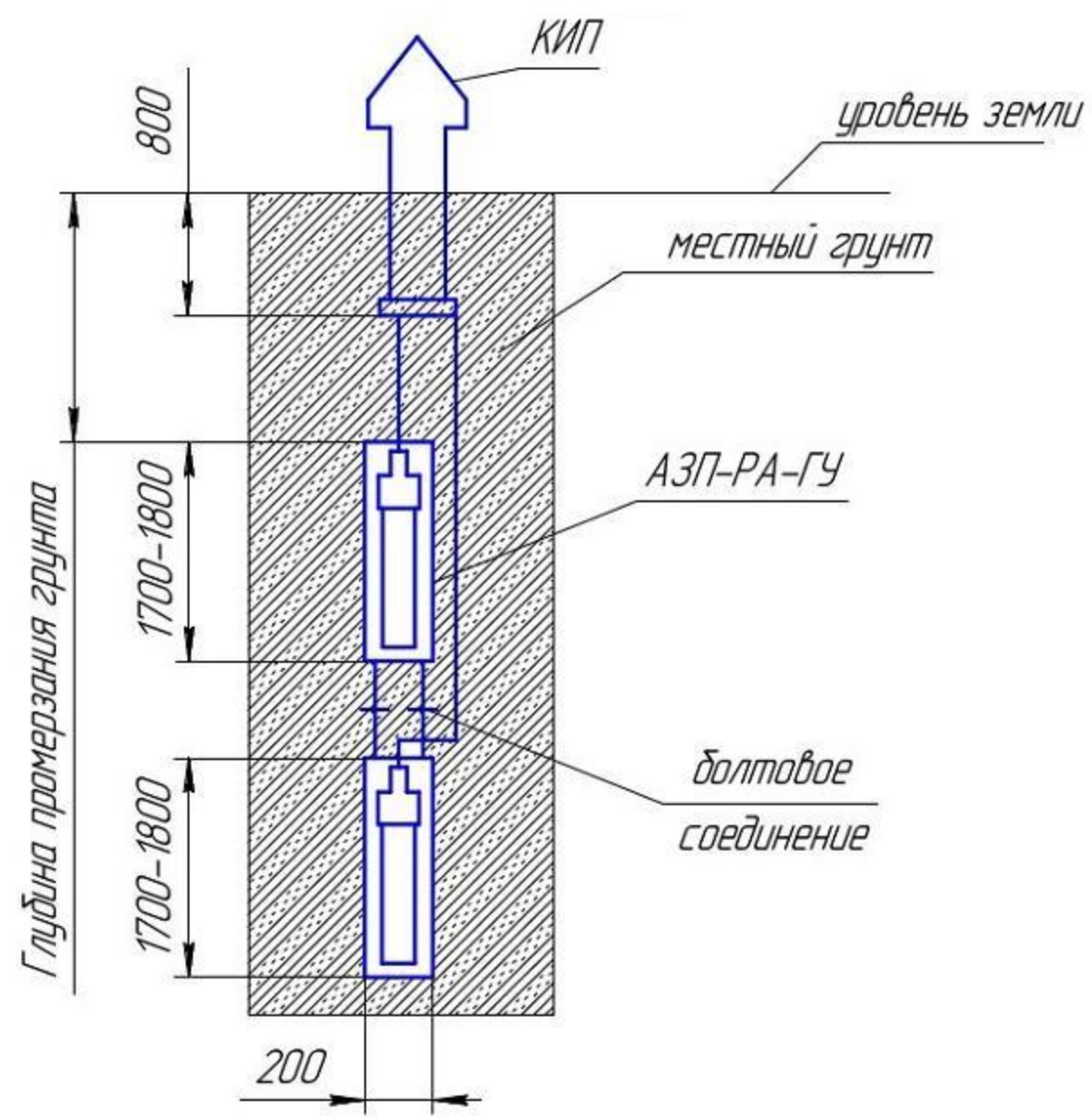
Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



1. Анодные заземлители по техническим условиям – ТУ 3435-028-73892839-2012.
2. Нормативная глубина сезонного промерзания грунта определяется по СП 22.13330.2011.

Основные параметры АЗП-РА-ГУ

№ п/п	Наименование параметров	Значение
1	Максимальная токовая нагрузка, А	5,0
2	Скорость анодного растворения, кг/А×год	0,01...0,05
3	Габаритные размеры блока АЗП-РА-ГУ, мм: - диаметр, не менее - длина (высота), не менее	204 1765
4	Масса электрода, кг, не более	5,0
5	Масса блока, кг, не более	60
6	Марка кабель вывода <sup>1</sup>	КГН-ХЛ ЭХ3 1×6
7	Длина кабель вывода, м, не более <sup>1</sup>	3,0
8	Срок службы, лет, не менее <sup>2</sup>	35
9	Температура окружающего воздуха, °С	от 0 до 60

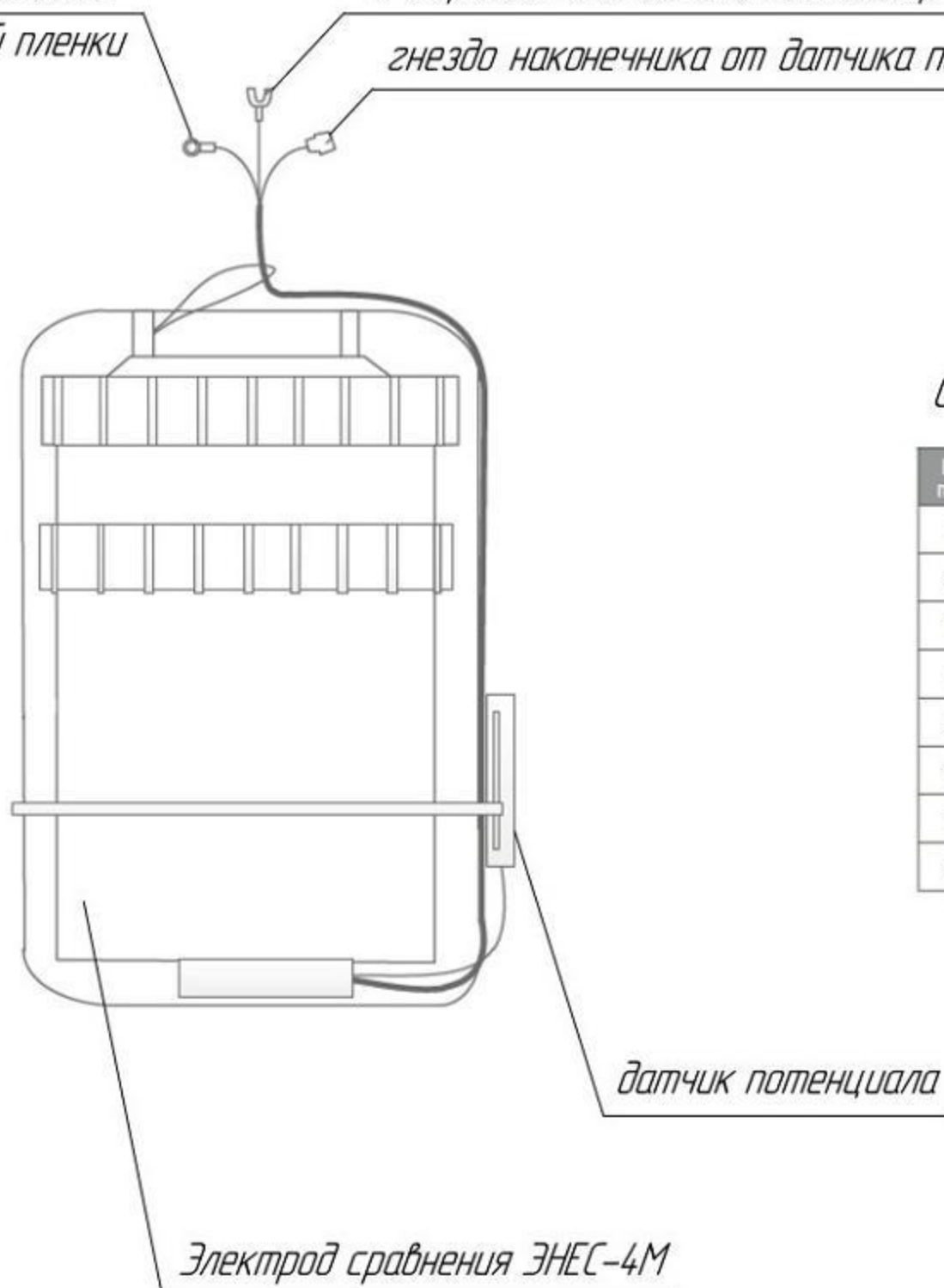
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Основные параметры полимерных анодных заземлителей глубоководных упакованных АЗП-РА-ГУ типа "Радуга"	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.						ООО "Евразия-строй"		
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн			
Утв.					Формат А3			



АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-01.14

0-образный наконечник  
от экранирующей пленки

U-образный наконечник от электрода  
гнездо наконечника от датчика потенциала



Основные характеристики электрода ЗНЕС-4М (ТУ 3435-016-73892839-2010)

№ п/п	Наименование параметра	Норма
1	Внутреннее электрическое сопротивление, кОм, не более	1,0
2	Потенциал по отношению к хлорсеребряному электроду, мВ	120±20
3	Диаметр корпуса внутренний, мм	82
4	Количество электролита, заливаемого в корпус, мл	800
5	Длина проводников, не менее, м	5
6	Стандартная марка кабеля	КГВЭВнг 2х4
7	Масса электрода полная, кг, не более	6,0
8	Установленный срок службы, лет, не менее	25*

Перв. примен

Справ. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-01.14

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

Электрод сравнения  
ЗНЕС-4М типа "Радуга"

Унифицированные проектные решения  
по защите от коррозии обсадных колонн

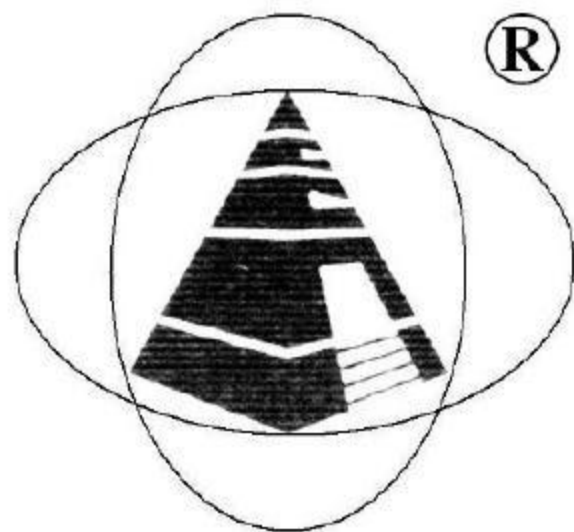
Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

ООО "Евразия-строй"

Копировал

Формат А3



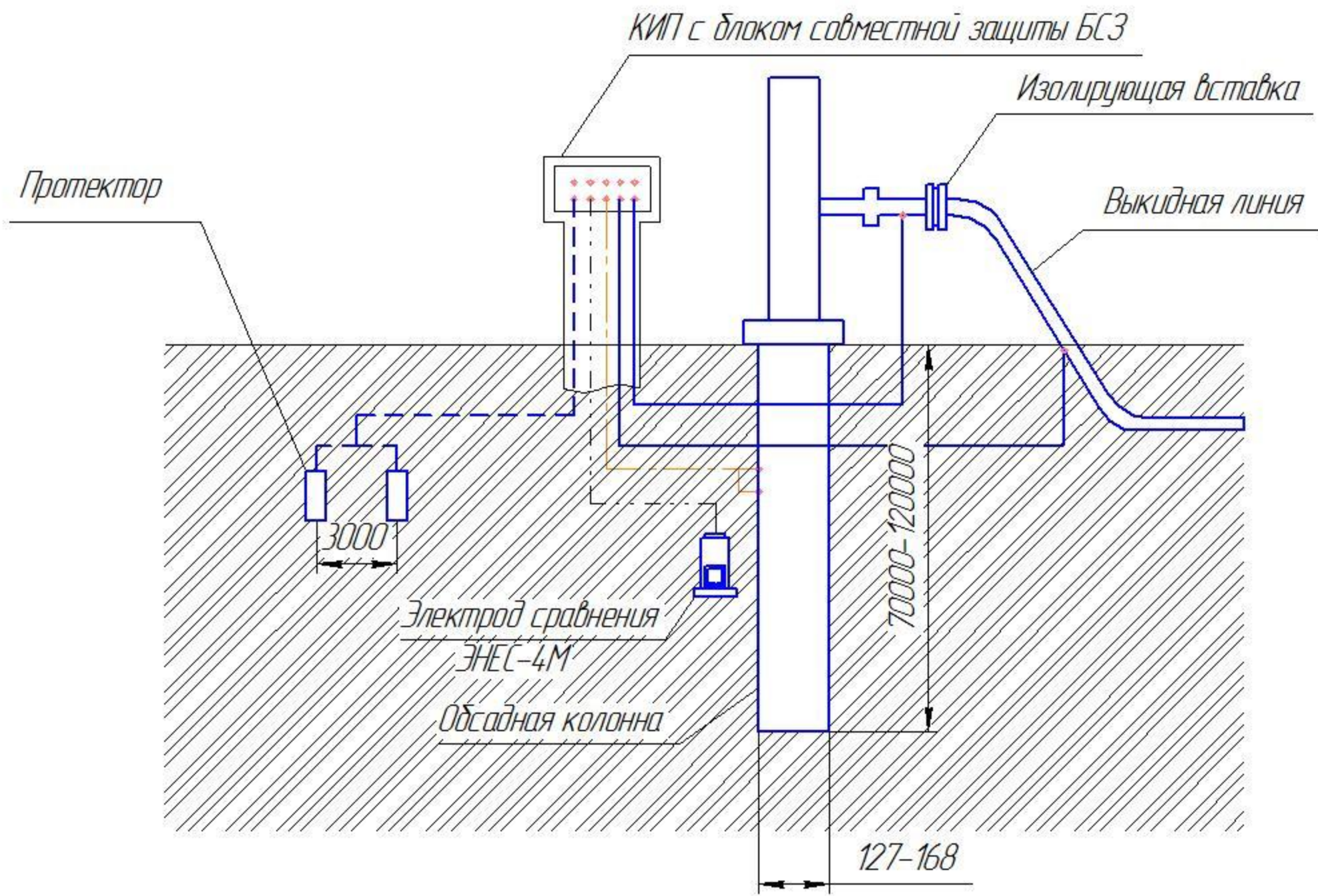


# ЕВРАЗИЯ СТРОЙ

*Унифицированные проектные решения  
по электрохимической защите от коррозии  
обсадных колонн  
Раздел 2. Внешняя протекторная защита*

					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.00		
					Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.							
Проб.							
Т.контр.					Лист	Листов	1
И.контр.					ООО "Евразия-строй"		
Утв.					Формат А3		





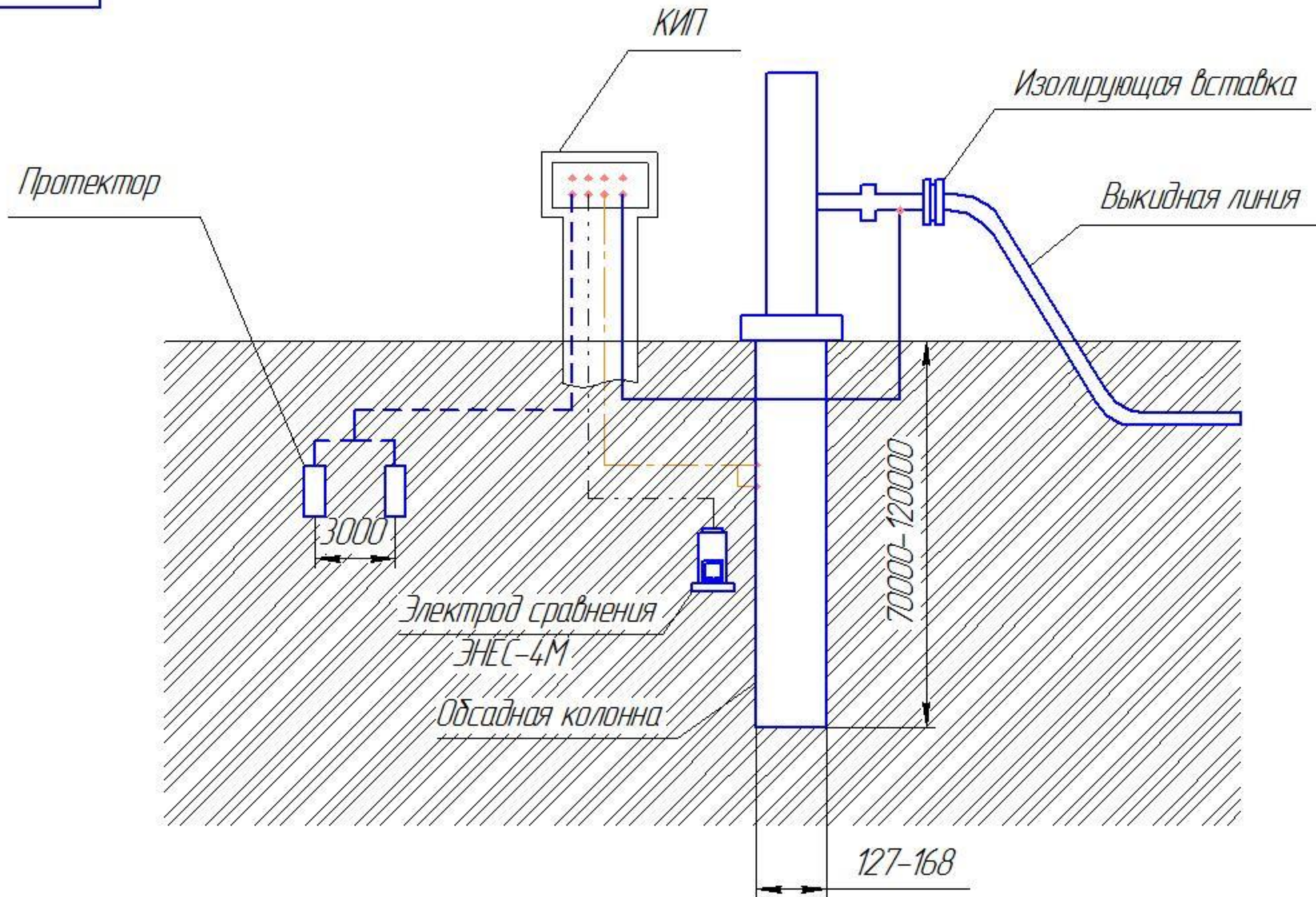
Условные обозначения:

-  Измерительный кабель КГН-ХЛ ЭХ3 2x6 мм<sup>2</sup>
-  Кабель КГН-ХЛ ЭХ3 1x35 мм<sup>2</sup>
-  Кабель КГН-ХЛ ЭХ3 2x6 мм<sup>2</sup> в комплекте с протектором
-  Кабель КГВЭВнг 2x4 мм<sup>2</sup> от ЭНЕС-4М

 Точка приварки кабеля

				<b>АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-02.01</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема совместной внешней протекторной защиты обсадной колонны и выкидной линии	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.						ООО "Евразия-строй"		
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн			
Утв.					Копировал _____ Формат А3			





Условные обозначения:

- Измерительный кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 2x6 мм<sup>2</sup>
- Кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 1x35 мм<sup>2</sup>
- Кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 2x6 мм<sup>2</sup> в комплекте с протектором
- Кабель КГВЭВнг 2x4 мм<sup>2</sup> от ЭНЕС-4М

Точка приварки кабеля

АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-02.02								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема раздельной внешней протекторной защиты обсадной колонны	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						Лист	Листов	1
Пров.						ООО "Евразия-строй"		
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн			Формат А3
И.контр.					Копировал			
Утв.								



Расчет производится на основании Учебного пособия  
 "Катодная защита обсадных колонн нефтяных скважин"  
 (авторы С.А. Долгих, В.Э. Ткачева, Р.А. Кайдриков, Б.Л. Журавлев)

Исходные данные для расчета:

- Удельное электрическое сопротивление грунта  $\rho$ , Ом\*м  
 Если грунт неоднородный, то необходимо знать распределение толщин слоев грунта  $H_i$  и удельного сопротивления каждого слоя  $\rho_i$
- Диаметр обсадной колонны  $D$ , м
- Толщина стенки обсадной колонны, м
- Длина обсадной колонны  $L$ , м
- Высота подъема цемента за эксплуатационными колоннами скважин
- Длина, диаметр, толщина стенки, глубина прокладки в грунте и сопротивление наружного изоляционного покрытия выкидной линии или разводящего водовода скважины.

Проектированию защиты предшествуют экспериментальные работы, в результате которых получают следующие дополнительные материалы:

- Стационарные катодные поляризационные кривые "плотность тока - величина катодной поляризации" трубной стали для наиболее агрессивных пластовых вод разреза скважины
- Кривые распределения падения напряжения на эксплуатационной колонне по глубине скважины, снятые двухконтактным зондом в процессе опытной катодной защиты при трех значениях защитного тока: 5, 10 и 20 А

Методика расчета протекторной защиты ставит перед собой цель определения общего тока защиты и необходимого количества протекторов. Основные параметры защиты, ключевым из которых является защитный ток, определяются тем же способом, что и для катодной защиты:

Определение основных параметров защиты:

1) Снятие стационарных катодных поляризационных кривых

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi(j),$$

где  $j$  - плотности тока, А/м<sup>2</sup>

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_c, \text{ где } \varphi - \text{ электродный потенциал при катодной поляризации, В}$$

$$\varphi_c - \text{ стационарный потенциал до наложения тока, В}$$

2) Нахождение зависимости плотности тока в контролируемом интервале колонны от поляризующего тока  $j=j(I_0)$

Эта зависимость устанавливается экспериментально путем снятия кривых падения напряжения на обсадной колонне двухконтактным зондом как минимум при трех значениях защитного тока  $I_0$ : 5, 10, 20 А. Плотность тока на поверхности обсадной колонны по данным измерений напряжения двухконтактным зондом рассчитывается:

$$j = (\Delta U_1 - \Delta U_2) / (\pi * g_k * D_k * I_3 * \Delta L), \text{ А/м}^2$$

где  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  - падения напряжения на обсадной колонне, измеренные в двух точках, между которыми определяется плотность тока утечки, В;  $g_k$  - продольное сопротивление обсадной колонны, Ом/м;  $D_k$  - наружный диаметр обсадной колонны, м;  $I_3$  - расстояние между контактами зонда (обычно  $I_3=7,5$  м);  $\Delta L$  - расстояние между точками измерения  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$ , м.

По рассчитанным значениям плотности тока, соответствующим различным значениям поляризующего тока, находится зависимость  $j=j(I_0)$  с помощью аппроксимации по возможности простой аналитической формулой (приблизительно эту зависимость можно принять прямо пропорциональной).

В полойно неоднородных по удельному электрическому сопротивлению грунтах для определения плотности тока в любом интервале эксплуатационной колонны можно пользоваться приближенной аналитической формулой:

$$j = \frac{I_0 * ch[\alpha_k (L_k - Z_i)]}{\pi * D_k * \rho_i * \sum H_i * ch[\alpha_k (L_k - Z_i)] / \rho_i}, \text{ А/м}^2$$

где  $ch$  - гиперболический косинус

					АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-02.03			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет внешней протекторной защиты обсадной колонны	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Проб.						Лист	Листов	1
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
И.контр.						Формат А3		
Утв.						Копировал		

Перв. примен

Стр. №

Подп. и дата

И.контр. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

И.контр. №



Перв. примен

Стр. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

$\alpha_k$  – коэффициент утечки,  $1/м$ ;  $L_k$  – длина эксплуатационной колонны,  $м$ ;  $I_0$  – поляризующий ток,  $А$ ;  $Z_i$  – координата середины  $i$ -го слоя,  $м$ ;  $\rho_i$  – удельное сопротивление,  $Ом*м$ ;  $H_i$  – толщина  $i$ -го слоя,  $м$ ;  
 Для расчетов по этой формуле необходимо пользоваться распределением удельного сопротивления горных пород по глубине скважины. Весь разрез скважины по величине этого параметра разбивается на интервалы (слои), толщина исследуемого слоя не должна превышать  $100 м$ . В качестве контролируемого интервала эксплуатационной колонны выбирается наиболее агрессивный интервал.

3) Определяется зависимость катодной поляризации обсадных труб в контролируемом интервале колонны от силы поляризующего тока  $I_0$  путем подстановки значения плотности тока  $j=j(I_0)$  для исследуемого интервала в функцию  $\Delta\varphi=\Delta\varphi(j)$ , полученную в пластовой воде этого же интервала:

$$\Delta\varphi=\Delta\varphi(j)=\Delta\varphi[j(I_0)]=\Delta\varphi_1(I_0), В$$

Рассчитывается величина катодной поляризации в зависимости от заданной степени защищенности обсадных труб в контролируемом интервале колонны  $P=0,7-0,8$  по формуле:

$$\Delta\varphi_k=0,08 * I_0 (1-P), В$$

Определяется сила защитного тока обсадной колонны  $I_0$ , обеспечивающего заданную степень защищенности в контролируемом интервале, путем подстановки значения  $\Delta\varphi_k$  в функцию  $\Delta\varphi=\Delta\varphi_1(I_0)$ , т.е.  $I_0=I_0(\Delta\varphi_k)$ .

Рекомендуется применять следующие значения защитного тока:

$I_0=8 А$  – для скважин с уровнем подъема цемента за эксплуатационной колонной ниже башмака кондуктора

$I_0=6 А$  – для скважин с уровнем подъема цемента за эксплуатационной колонной выше башмака кондуктора

4) Определение силы защитного тока  $I$  в расчете на защиту одной скважины с учетом расхода части тока на выкидную линию или разводящий водовод (при совместной защите) производится по формуле:

$$I=K_m * I_0 * K_a, А$$

$K_a=0,23 * L_1^{0,31} * I_a^{-0,1}$  – Коэффициент, учитывающий влияние удаления протекторов на величину защитного тока

где  $L_1$  – глубина скважины, на которой контролируется степень защищенности колонны,  $м$ ;  $I_a$  – удаление протектора

$K_m$  – коэффициент, учитывающий потребление тока выкидной линией или разводящим водоводом

$$K_m = \frac{r_k * \alpha_m * cth(\alpha_k * L_k)}{r_m * \alpha_k * cth(\alpha_m * L_m)} + 1$$

где  $L_k$  – длина обсадной колонны,  $м$ ;  $r_m$  – продольное сопротивление выкидной линии,  $Ом/м$ ;  $\alpha_k$  – коэффициент утечки выкидной линии,  $1/м$ ;  $L_m$  – длина выкидной линии,  $м$ ;  $cth(\alpha * L)$  – гиперболический котангенс аргумента  $(\alpha * L)$ .

При отдельной схеме защиты, а также в случае полимерной наружной изоляции выкидной линии или разводящего водовода при совместной защите  $K_m=1$ .

Коэффициенты утечки обсадной колонны и выкидной линии определяются по формуле:

$$\alpha = \sqrt{r/R}, 1/м$$

где  $r$  и  $R$  – продольное ( $Ом/м$ ) и переходное ( $Ом*м$ ) сопротивление протяженного подземного сооружения.

Продольное сопротивление протяженного сооружения:

$$r=0,32 \frac{\rho_{ст}}{t(D-t)}, Ом/м, где \rho_{ст} - удельное сопротивление трубной стали (\rho_{ст}=0,24 Ом*мм^2/м); t - толщина стенки труб, м; D - наружный диаметр труб, м$$

АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.04				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				
Расчет внешней катодной защиты обсадной колонны			Лист	Масса
Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн			Листов	1
ООО "Евразия-строй"				



Переходное сопротивление выкидной линии или разводящего водовода находится решением трансцендентного уравнения:

$$R_m = \frac{R_u}{\pi \cdot D_m} + \frac{\rho_z}{2\pi} \ln \frac{R_m}{D_m \cdot h_m \cdot r_m}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

где  $R_u$  – сопротивление наружной изоляции,  $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$   
 $D_m$  – диаметр, м;  $h_m$  – глубина залегания, м  
 $\rho_z$  – среднее удельное сопротивление грунта в районе прохождения выкидной линии или разводящего водовода,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$

Переходное сопротивление обсадной колонны находится решением трансцендентного уравнения:

$$R_k = \frac{\rho_p}{2\pi} \ln \frac{2}{D_k \cdot \sqrt{(r_k/R_k)}}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$\rho_p$  – среднее удельное сопротивление пластов в разрезе скважин,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$

$$\rho_p = \frac{L_k}{\sum H_i / \rho_i}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$\rho_i$  – удельное электросопротивление,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ ;  $H_i$  – толщина  $i$ -го пласта, м

5) Требуемое общее сопротивление протекторов:

$$R_{з.об.} = (\Delta\phi_{пт} - \Delta\phi_n) / (I_{об.}) - R_{пр}, \text{ Ом}$$

где  $\Delta\phi_{пт} = |\phi_n - \phi_c|$  – разность стационарных потенциалов протектора и обсадной колонны;

$\Delta\phi_n$  – поляризация протектора (0,1 В)

$I_{об.}$  – общий защитный ток, А;

$R_{пр}$  – сопротивление дренажных кабелей

$I_{об.} = K_{ин} \cdot \sum I_i$ , где  $I_i$  – ток защиты одной скважины;

$\sum I_i$  – сумма токов защиты всех скважин;

$K_{ин}$  – коэффициент интерференции (при индивидуальной схеме  $K_{ин}=1$ , при кустовой схеме  $K_{ин}=1,2$ )

Сопротивление одного протектора:

$$R_з = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \left( \frac{2l}{d} \sqrt{\frac{4t+3l}{4t+l}} \right), \text{ Ом}$$

где  $\rho_z$  – среднее удельное сопротивление грунта;  
 $d$  – диаметр протектора, м;  $t$  – заглубление протектора, м;  
 $l$  – длина протектора, м

Требуемое количество протекторов находится по формуле:  
 $N = R_з / (K_э \cdot R_{з.об.})$ , шт.

$K_э$  – коэффициент экранирования протекторов (принимается равным 0,8–0,9)

Срок службы протекторной защиты:

$$T_n = (M \cdot q \cdot \eta_n \cdot \eta_u) / (I_{об.} \cdot 8760), \text{ лет}$$

где  $M$  – общая масса протекторов, кг;  $q$  – теоретическая токоотдача материала протектора, А·час/кг;  $\eta_n$  – коэффициент полезного действия протектора ( $\eta_n=0,6$ );  $\eta_u$  – коэффициент использования материала протектора ( $\eta_u=0,9$ )

					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.05			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет внешней протекторной защиты обсадной колонны	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
Н.контр.								
Утв.					Копировал			
						Формат А3		



Пример расчета внешней протекторной защиты обсадной колонны.

Исходные данные:

Обсадная колонна:

диаметр  $D_k=0,133$  м, длина  $L_k=70$  м, толщина стенки  $t_k=5$  мм

Уровень подъема цемента за эксплуатационной колонной ниже дашмака кондуктора.

Удельное сопротивление грунта разбивается на два интервала по

глубине:  $H_1=30$  м,  $\rho_1=35$  Ом\*м;  $H_2=40$  м;  $\rho_2=45$  Ом\*м

Выкидная линия:

диаметр  $D_m=0,1$  м, длина  $L_m=300$  м, толщина стенки  $t_m=5$  мм,

сопротивление наружной изоляции  $R_u=20$  Ом\*м; глубина прокладки  $h_m=1$  м

Предусматривается совместная защита обсадной колонны и выкидной линии

Расчет:

1) Среднее удельное сопротивление пород разреза скважины

$$\rho_p = L_k / (\sum H_i / \rho_i) = 70 / (30/35 + 40/45) = 40 \text{ Ом*м}$$

2) Сила тока защиты с учетом расхода части тока на защиту выкидной линии:

$$I_0 = K_m \cdot K_a \cdot A$$

Из практического опыта, описанного в Учебном пособии "Катодная защита обсадных колонн нефтяных скважин" для скважины с уровнем подъема цемента за эксплуатационной колонной ниже дашмака кондуктора принимается значение  $I_0=8$  А.

$$K_a = 0,23 \cdot L_1^{0,31} \cdot I_a^{-0,1} = 0,7$$

Коэффициент, учитывающий потребление тока защиты выкидной линией:

$$K_m = \frac{r_k \cdot \alpha_m \cdot \text{cth}(\alpha_k \cdot L_k)}{r_m \cdot \alpha_k \cdot \text{cth}(\alpha_m \cdot L_m)} + 1$$

$$r_k = 0,32 \cdot \frac{\rho_{cm}}{t_k(D_k - t_k)} = 0,32 \cdot \frac{0,24}{5(133-5)} = 0,00012 \text{ Ом/м}$$

$$r_m = 0,32 \cdot \frac{\rho_{cm}}{t_m(D_m - t_m)} = 0,32 \cdot \frac{0,24}{5(100-5)} = 0,00016 \text{ Ом/м}$$

$$R_m = \frac{R_u}{\pi \cdot D_m} + \frac{\rho_p}{2\pi} \ln \frac{R_m}{D_m \cdot h_m \cdot r_m}, \text{ Ом*м}$$

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{R_m}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016}$$

Расчет ведется методом последовательных приближений. В первом приближении принимается  $R_m = R_u + \rho_p = 20 + 40 = 60$  Ом\*м

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{60}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016} = 160 \text{ Ом*м}$$

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{160}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016} = 166 \text{ Ом*м}$$

$$R_m = \frac{20}{3,14 \cdot 0,1} + \frac{40}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{166}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,00016} = 167 \text{ Ом*м}$$

Перв. примен

Справ. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

					АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.06			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пример расчета внешней протекторной защиты обсадной колонны	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
И.контр.								
Утв.					Копировал			
						Формат А3		



Перв. примен

$$R_k = \frac{\rho_p}{2\pi} \ln \frac{2}{D_k \cdot \sqrt{(r_k/R_k)}}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_k = \frac{20}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{2}{0,133 \cdot \sqrt{(0,00012/R_k)}}$$

Расчет ведется методом последовательных приближений.  
В первом приближении принимается  $R_m = \rho_p = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

$$R_k = \frac{20}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{2}{0,133 \cdot \sqrt{(0,00012/40)}} = 29 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_k = \frac{20}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{2}{0,133 \cdot \sqrt{(0,00012/29)}} = 28 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Коэффициент утечки  $\alpha_m = \sqrt{(r_m/R_m)} = \sqrt{(0,00016/167)} = 0,00098 \text{ 1/м}$

Коэффициент утечки  $\alpha_k = \sqrt{(r_k/R_k)} = \sqrt{(0,00012/28)} = 0,0021 \text{ 1/м}$

$$K_m = \frac{r_k \cdot \alpha_m \cdot \text{cth}(\alpha_k \cdot L_k)}{r_m \cdot \alpha_k \cdot \text{cth}(\alpha_m \cdot L_m)} + 1 = \frac{0,00012 \cdot 0,00098 \cdot \text{cth}(0,0021 \cdot 70)}{0,00016 \cdot 0,0021 \cdot \text{cth}(0,00098 \cdot 300)} + 1 = 1,685$$

Сила тока защиты с учетом расхода части тока на защиту выкидной линии:  
 $I = I_0 \cdot K_m \cdot K_a = 8 \cdot 1,685 \cdot 0,7 = 9,43 \text{ А}$

5) Требуемое общее сопротивление протекторов:

$$R_{з.об.} = (\Delta \varphi_{пт} - \Delta \varphi_{п}) / (I_{об.}) - R_{пр} = (1,7 - 0,55 + 0,1) / 9,43 = 0,133 \text{ Ом}$$

(сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь)

Применяться будут протекторы ПМ-20У

Сопротивление одного протектора (без активатора):

$$R_3 = \frac{\rho_2}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \left( \frac{2l}{d} \sqrt{\frac{4t+3l}{4t+l}} \right), \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{40}{2 \cdot \pi \cdot 0,6} \ln \left( \frac{2 \cdot 0,6}{0,13} \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5 + 3 \cdot 0,6}{4 \cdot 2,5 + 0,6}} \right) = 24 \text{ Ом}$$

где  $\rho_2$  – среднее удельное сопротивление грунта;  
 $d$  – диаметр протектора, м;  $t$  – заглубление протектора, м;  
 $l$  – длина протектора, м

Требуемое количество протекторов находится по формуле:  
 $N = R_3 / (K_3 \cdot R_{з.об.}) = 24 / (0,9 \cdot 0,133) = 200 \text{ шт.}$

Протектор ПМ-20У упаковывается коксо-минеральным активатором, поэтому  $N$  уменьшается в 2 раза и принимается равным 100 шт.

Срок службы протекторной защиты:

$$T_n = (M \cdot q \cdot \eta_p \cdot \eta_u) / (I_{об.} \cdot 8760) = 20 \cdot 100 \cdot 2330 \cdot 0,6 \cdot 0,9 / (9,43 \cdot 8760) = 30 \text{ лет}$$

Справ. №

Подп. и дата

Изм. №

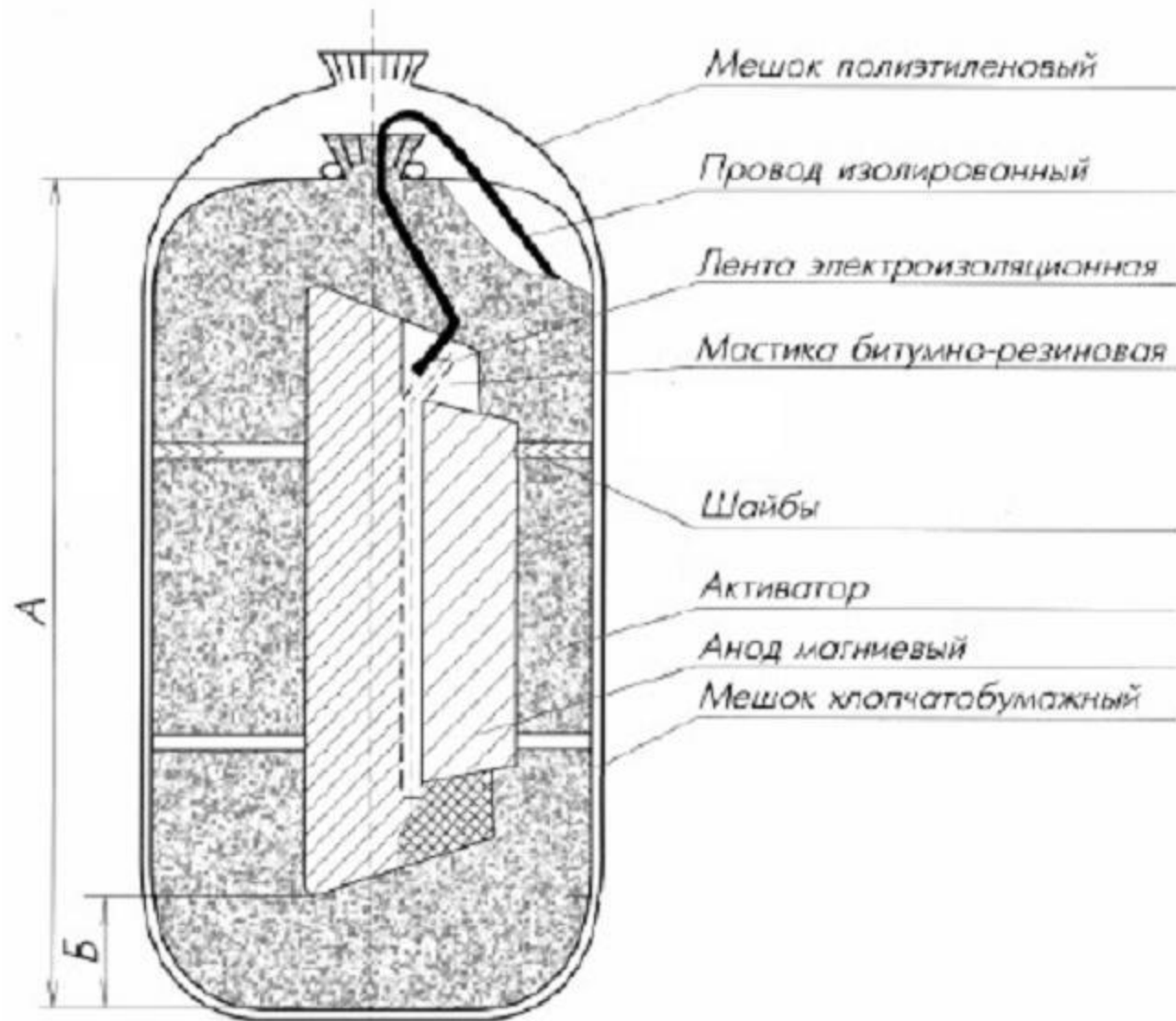
Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.07						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.						
Пров.						
Т.контр.						
И.контр.						
Утв.						
Пример расчета внешней протекторной защиты обсадной колонны				Лист	Масса	Масштаб
Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн				Лист	Листов	1
				ООО "Евразия-строй"		
				Формат А3		





\* ТУ 1714-010-73892839-2008

Тип протектора	Размеры, мм				Масса, кг не менее
	A	B	d	Д	
ПМ-5У	Не менее 580	40+/-3	116+/-4	165+/-4	16
ПМ-10У	Не менее 700	50+/-3	144+/-4	200+/-5	30
ПМ-20У	Не менее 710	60+/-3	206+/-5	270+/-5	60

Тип протектора	Размеры, мм				Масса, кг не менее
	A	B	d	Д	
ПМ-7.7У	Не менее 740	40+/-3	116+/-4	165+/-4	23
ПМ-23У	Не менее 760	60+/-3	206+/-5	270+/-5	69

<b>АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-02.08</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				
Протекторы ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У, ПМ-7.7У, ПМ-23У				Лит. Масса Масштаб
				Лист Листов 1
Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн				ООО "Евразия-строй"
Копировал				Формат А3



Перв. примен

Стр. №

Подп. и дата

Инд. № д.ц.л.

Взам. инв. №

Подп. и дата

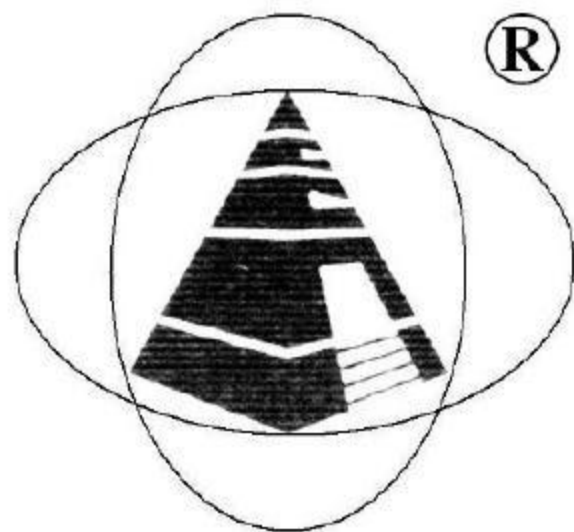
Инд. № подл.

Совместная схема внешней протекторной защиты обсадной колонны и выкидной линии (или разводящего водовода) включает в себя:  
 Контрольно-измерительный пункт с блоком совместной защиты, к которому подключается группа протекторов.  
 К КИП с БСЗ также подключается электрод сравнения неполяризующийся длительного действия ЭНЕС-4М.  
 К обсадной колонне от КИП подключается измерительный кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 2х6 мм<sup>2</sup>, силовой кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 1х35 мм<sup>2</sup>.  
 Второй отрезок силового кабеля КГН-ХЛ ЭХЗ 1х35 мм<sup>2</sup> подключается к выкидной линии (или разводящему водоводу).

При отдельной протекторной защите обсадной колонны схема работает до электроизолирующей вставки, а защита выкидной линии (или разводящего водовода) должна предусматриваться по отдельному проекту.  
 В этом случае кабель КГН-ХЛ ЭХЗ 1х35 мм<sup>2</sup> подключается только к обсадной колонне, а КИП проектируется без блока совместной защиты.

					<b>АПР.ЕС-ЭХЗ.ОК-2016-02.09</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Описание внешней протекторной защиты обсадной колонны	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.								
Т.контр.								
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	Лист	Листов	1
Утв.						ООО "Евразия-строй"		
					Копировал			Формат А3





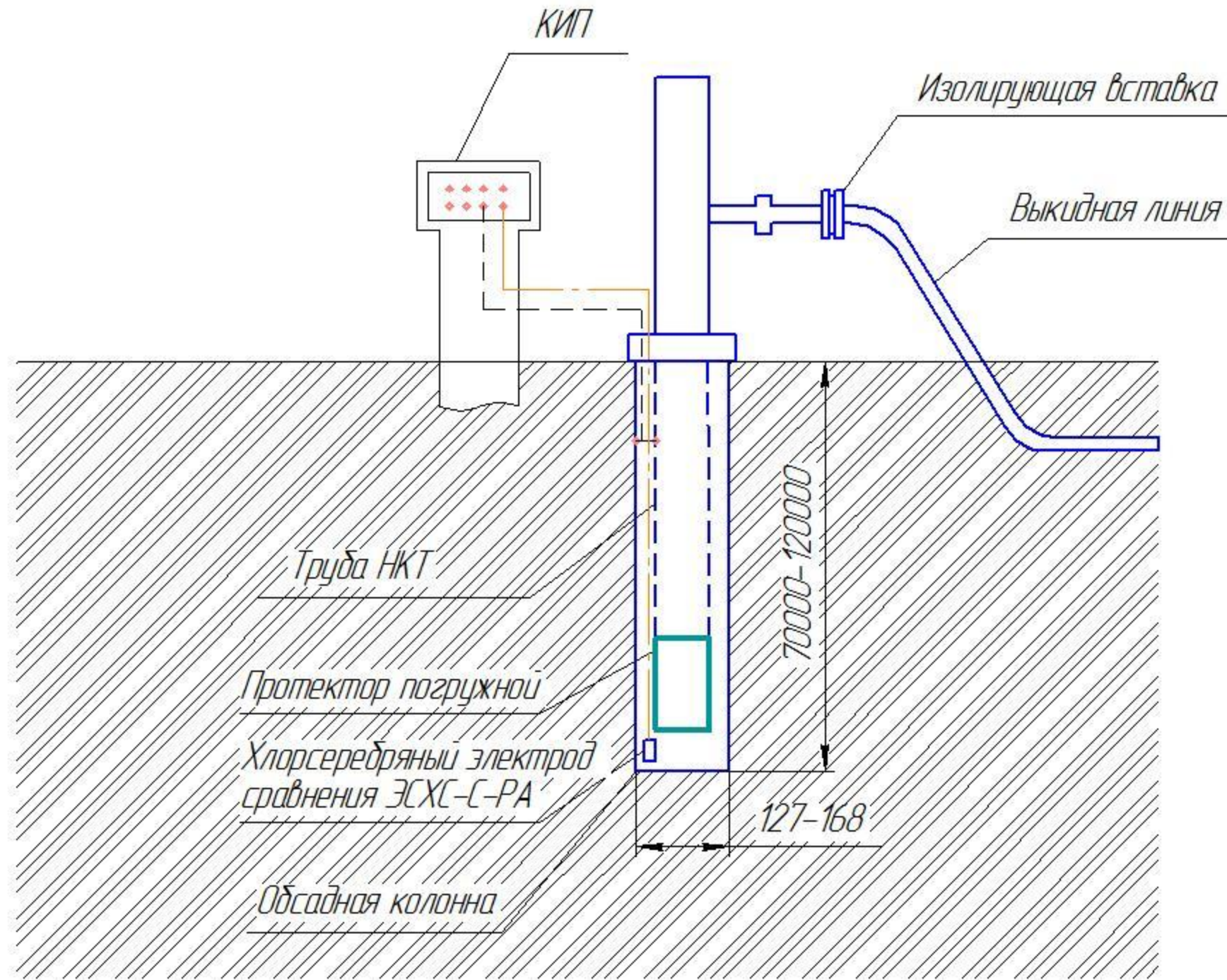
# ЕВРАЗИЯ СТРОЙ

*Унифицированные проектные решения  
по электрохимической защите от коррозии  
обсадных колонн*

*Раздел 3. Внутренняя протекторная защита*

					АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.00		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							
Проб.							
Т.контр.					Лист	Листов	1
И.контр.					ООО "Евразия-строй"		
Утв.					Формат А3		





Условные обозначения:

- Кабель от электрода сравнения
- Кабель, привариваемый к трубам, для контроля потенциала
- Точка приварки кабеля

<b>АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.01</b>								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Протекторная защита в водной среде внутренней поверхности обсадных колонн	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн			ООО "Евразия-строй"
Н.контр.					Копировал			
Утв.								



Перв. примен

Стр. №

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Расчет производится в соответствии с РД 31.35.07-83 ,  
DNV-RP-B401

Расчет протекторной защиты должен сводиться к определению  
числа одиночных протекторов или протекторных пакетов.  
Для расчета протекторной защиты необходимы следующие  
исходные данные:

- S – площадь защищаемой поверхности, м<sup>2</sup>;
- γ – удельная электропроводимость воды, Ом/м (Таблица 1);
- l – длина протектора, м;
- B – ширина протектора, м;
- D – условный диаметр протектора, м;
- ρ – линейное сопротивление токопровода, Ом/м;
- l<sub>т</sub> – длина токопровода, м;
- M<sub>п</sub> – масса протектора, кг;
- U<sub>ст</sub> – стационарный потенциал, В (Таблица 2);
- i<sub>защ</sub> – защитная плотность тока А/м<sup>2</sup> (Таблица 3);
- U<sub>п</sub> – потенциал протекторного сплава, В (Таблица 4);
- ε – токоотдача протекторного сплава, А\*ч/кг (Таблица 4);

При расчете системы протекторной защиты необходимо  
определить следующие величины:

- сопротивление растеканию тока протектора

$$R_a = (1 / (\gamma * 2 * \pi * l)) * (\ln(4 * l / D) - 1)$$

- Ток одиночного протектора

$$I_n = (U_{ст} - U_n) / R_a$$

- Суммарный защитный ток сооружения

$$I_{защ} * S$$

- Необходимое количество протекторов

$$n = I / I_n$$

- Ресурс годности протекторов (лет)

$$T = \epsilon * M_n / (18760 * I_n)$$

					АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.02			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет протекторной защиты в водной среде внутренней поверхности обсадных колонн	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.					Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн	ООО "Евразия-строй"		
Утв.								



Таблица 1. Удельная электропроводимость воды, Ом/м

Соленость воды о/оо	Удельная электропроводимость $\gamma$ См/м					
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
1	-	-	-	-	0,10	-
2	-	-	-	-	0,50	-
5	0,53	0,61	0,71	0,80	0,83	0,98
10	0,93	1,08	1,24	1,40	1,52	1,73
15	1,33	1,55	1,77	2,00	2,21	2,47
20	1,74	2,02	2,30	2,60	2,90	3,22
25	2,13	2,47	2,81	3,17	3,54	3,92
30	2,52	2,91	3,31	3,74	4,17	4,62
35	2,90	3,35	3,81	4,29	4,79	5,30

Таблица 2. Электродные потенциалы стали

Показатель	Морская вода			Речная вода		
	Величина потенциала по отношению к электродам сравнения, В					
	НВЭ	МСЭ	ХСЭ	НВЭ	МСЭ	ХСЭ
Стационарный потенциал V от	-0,35	-0,65	-0,59	-0,40	-0,70	-0,64

\*Электродные потенциалы даны относительно электродов сравнения – нормального водородного электрода (НВЭ), медносульфатного электрода (МСЭ) и хлорсеребряного электрода (ХСЭ)

Таблица 3.

Рекомендованные средние плотности тока ( $A/m^2$ ) для оголенных металлических поверхностей в контакте с водой, в зависимости от глубины и «климатической зоны» на основании температуры поверхности воды				
Глубина (м)	Тропический (> 20 °C)	Субтропический (12- 20 °C)	Умеренный (7-11 °C)	Арктический (< 7 °C)
0-30	0,070	0,080	0,100	0,120
>30-100	0,060	0,070	0,080	0,100
>100-300	0,070	0,080	0,090	0,110
>300	0,090	0,100	0,110	0,110

АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.03

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							
Проб.							
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							

Таблицы для расчета протекторной защиты внутренней поверхности обсадных колонн

Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн

Лист 1

ООО "Евразия-строй"



Таблица 4. Токоотдача и потенциал протекторноо сплава

Тип материала анода	Среда	Токоотдача (А*ч/кг)	Потенциал протектора по отношению к НВЭ	Потенциал протектора по отношению к МСЭ	Потенциал протектора по отношению к ХСЭ
На основе Al	Морская вода	2000	-0,81	-1,11	-1,05
	Речная вода	1500	-0,71	-1,01	-0,95
На основе Zn	Морская вода	780	-0,76	-1,06	-1,00
	Речная вода	700	-0,71	-1,01	-0,95
На основе Mg		1430	-1,21	-1,51	-1,45

Пример расчета протекторной защиты внутренней поверхности обсадной колонны диаметром 133 мм, длиной 70 м протекторами марки ПП-120 в водных условиях:

Площадь защищаемой поверхности  $S=29 \text{ м}^2$

Плотность тока  $i_{защ}=0,08 \text{ А/м}^2$

Стационарный потенциал:  $U_{ст}=-0,4 \text{ В}$

Длина протектора:  $l=1,5 \text{ м}$

Диаметр протектора:  $D=0,120 \text{ м}$

Масса протектора:  $M_p=45 \text{ кг}$

Рабочий потенциал протектора по НВЭ:  $U_n=-0,71 \text{ В}$

Токоотдача:  $\epsilon = 1500 \text{ А}^*ч/кг$

Удельная электропроводимость воды  $\gamma=2 \text{ Ом/м}$

- сопротивление растеканию тока протектора

$$R_a = (1 / (\gamma * 2 * \pi * l)) * (\ln(4 * l / D) - 1) =$$

$$(1 / (2 * 2 * 3,14 * 0,9)) * (\ln(4 * 0,9 / 0,12) - 1) = 0,15 \text{ Ом}$$

- Ток одиночного протектора

$$I_n = (U_{ст} - U_n) / R_a = (-0,4 + 0,71) / 0,15 = 2 \text{ А}$$

- Суммарный защитный ток сооружения

$$I_{защ} * S = 0,08 * 29 = 2,32 \text{ А}$$

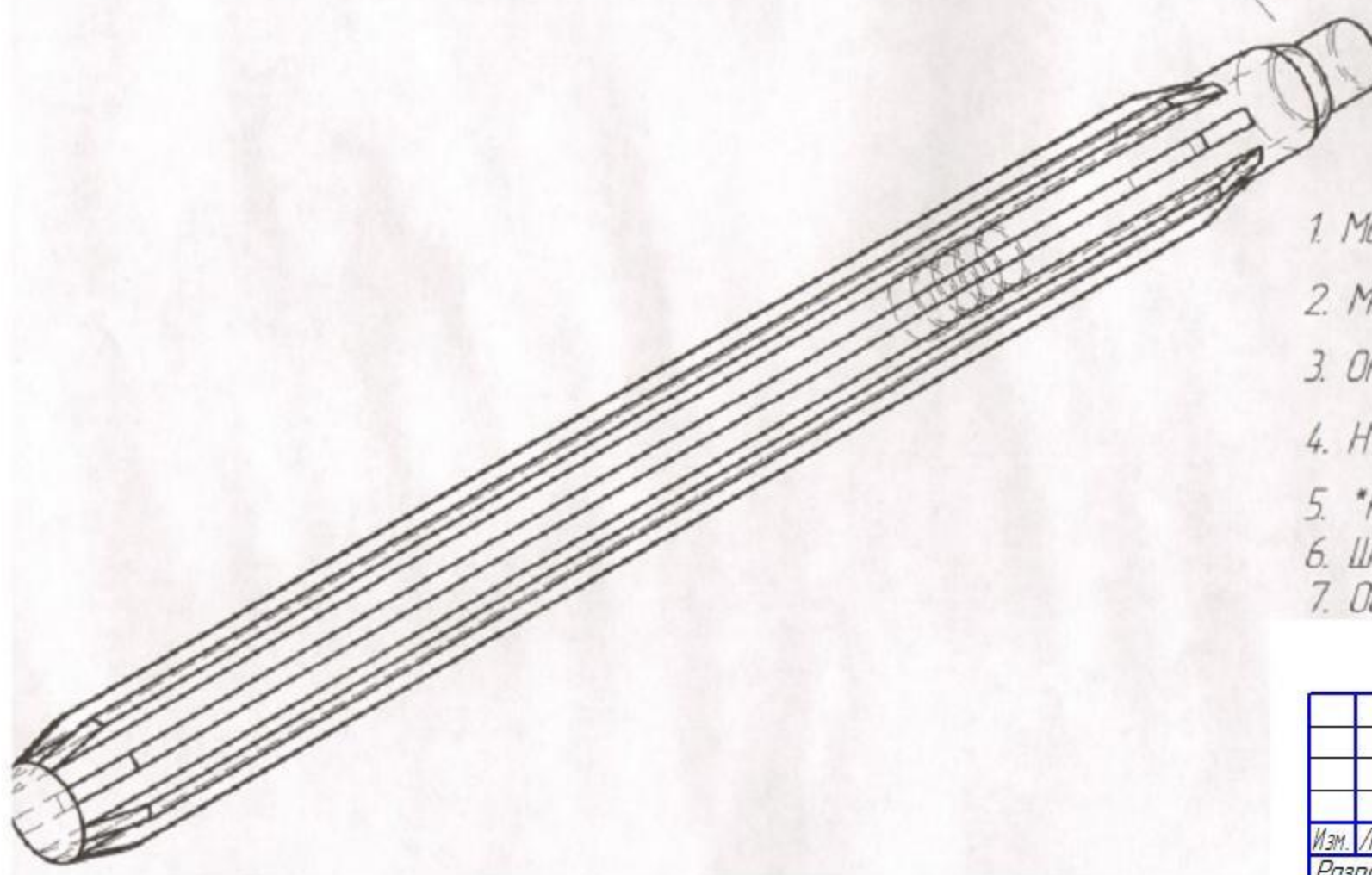
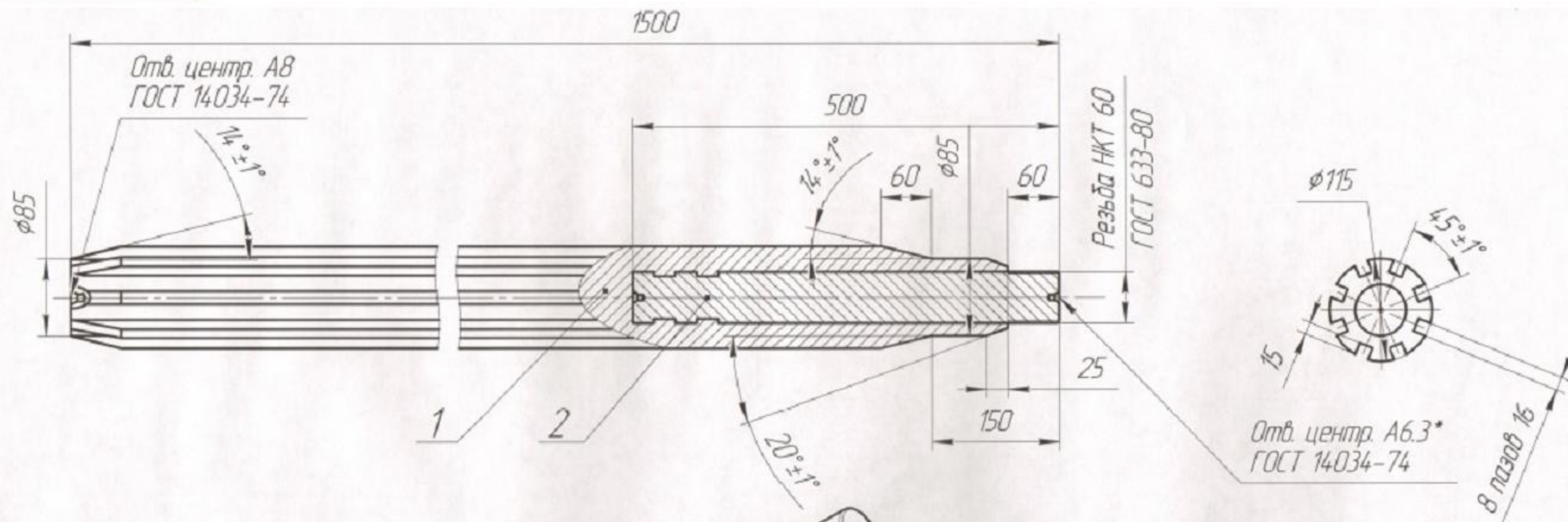
- Необходимое количество протекторов  $n = I / I_n = 2,32 / 2 = 1 \text{ шт.}$

- Ресурс годности протекторов (лет)

$$T = \epsilon * M_p / (8760 * I_n) = 1500 * 45 / (8760 * 2) = 4 \text{ года}$$

АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.04						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.						
Пров.						
Т.контр.						
И.контр.						
Утв.						
Пример расчета протекторной защиты в водной среде внутренней поверхности обсадных колонн				Лит.	Масса	Масштаб
Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн				Лист	Листов	1
ООО "Евразия-строй"						



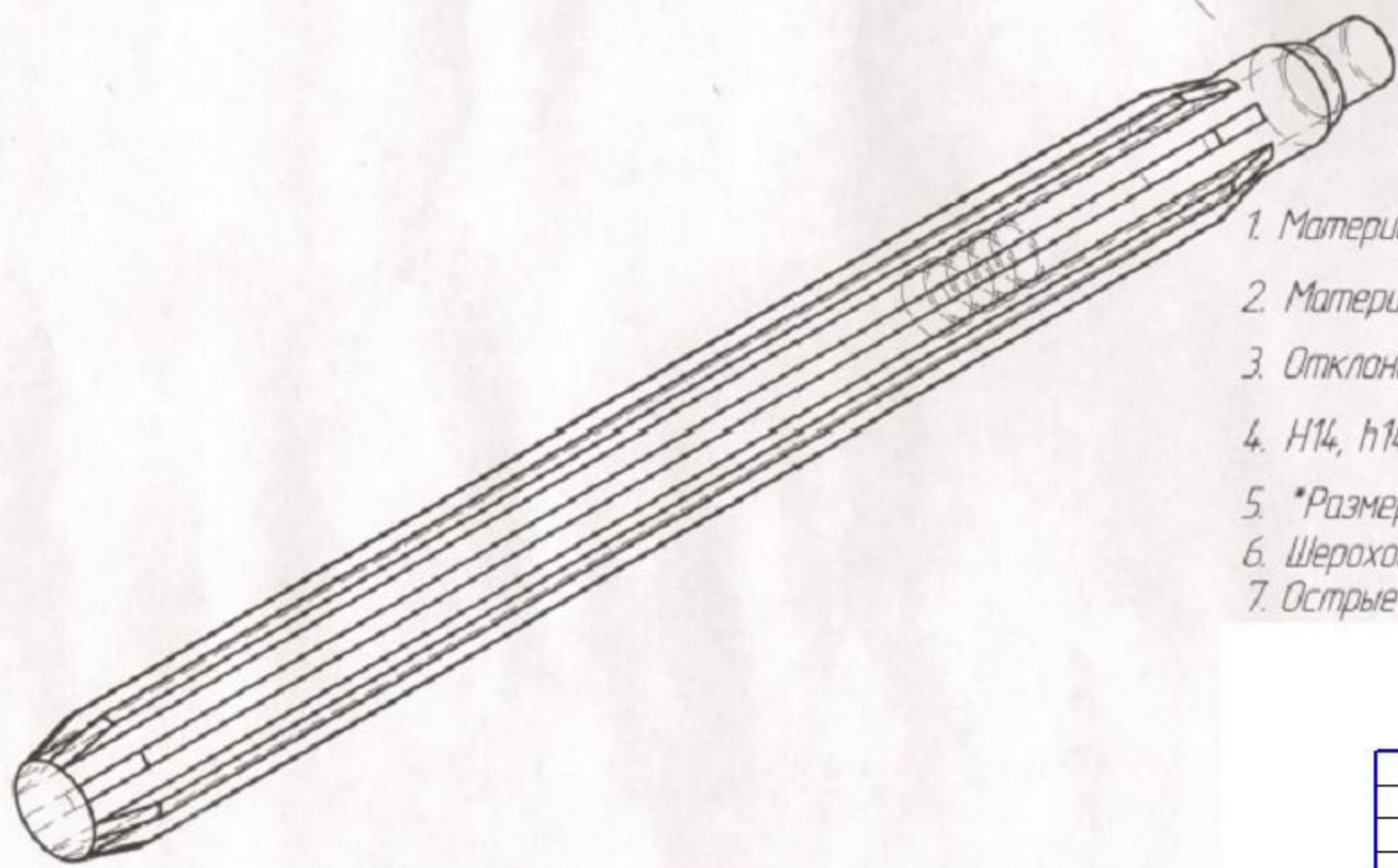
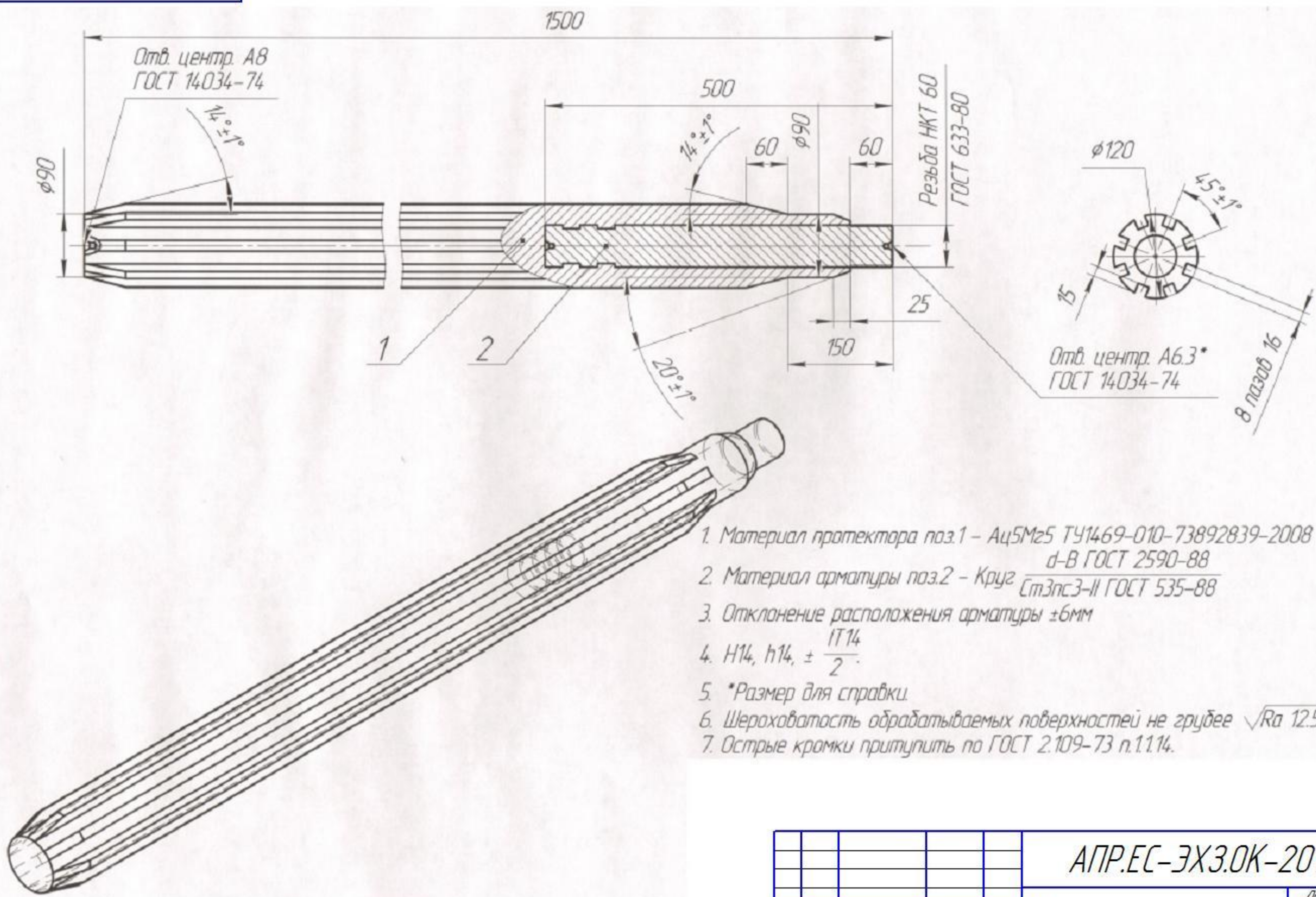


1. Материал протектора поз.1 - Ац5Мз5 ТУ1469-010-73892839-2008 d-B ГОСТ 2590-88
2. Материал арматуры поз.2 - Круг Ст3пс3-II ГОСТ 535-88
3. Отклонение расположения арматуры ±6мм
4. H14, h14, ±  $\frac{IT14}{2}$ .
5. \*Размер для справки.
6. Шероховатость обрабатываемых поверхностей не грубее  $\sqrt{Ra} 12.5$ .
7. Острые кромки притупить по ГОСТ 2.109-73 п.1.114.

\*ТУ 1469-010-73892839-2008

				АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.05						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Протекторы погружные типа ПП-115	Лит.	Масса	Масштаб		
Разраб.										
Пров.						Лист	Листов	1		
Т.контр.						000 "Евразия-строй"				
И.контр.					Формат А3					
Утв.										
Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн										
Копировал										



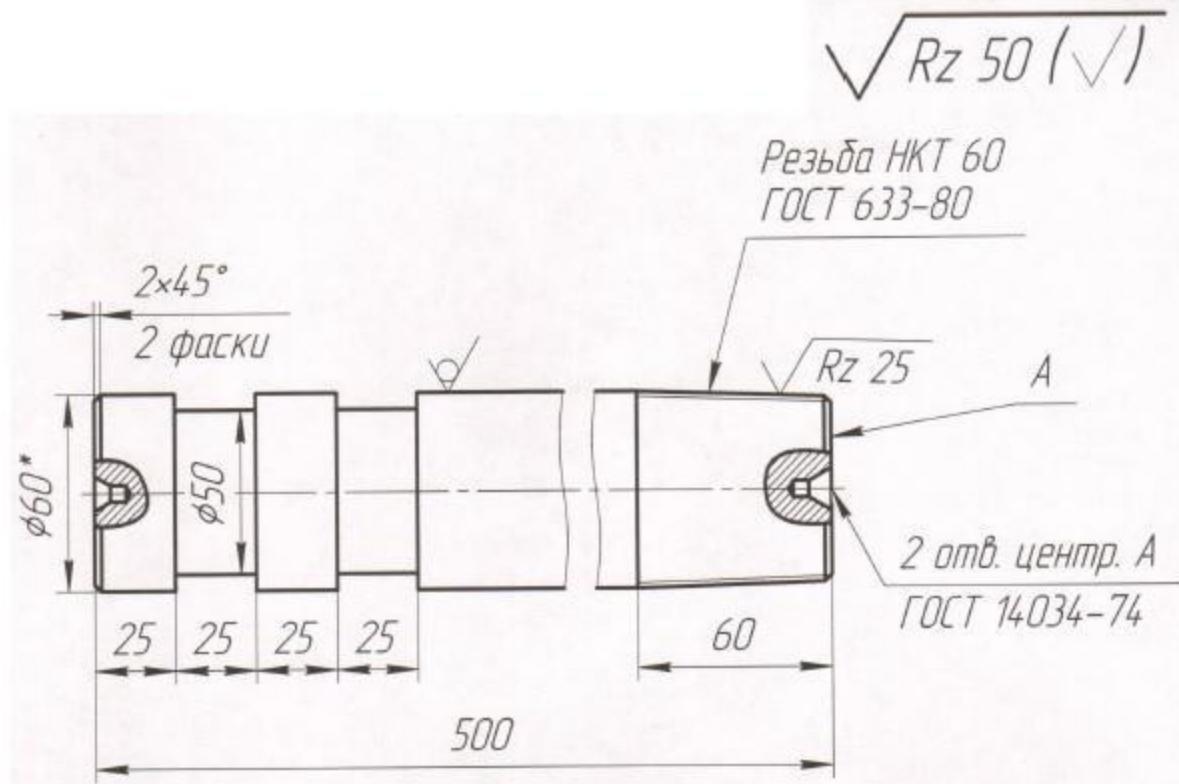


1. Материал протектора поз.1 – Ац5Мз5 ТУ1469-010-73892839-2008 d-B ГОСТ 2590-88
2. Материал арматуры поз.2 – Круг Ст3пс3-II ГОСТ 535-88
3. Отклонение расположения арматуры ±6мм
4. H14, h14, ±  $\frac{IT14}{2}$ .
5. \*Размер для справки.
6. Шероховатость обрабатываемых поверхностей не грубее  $\sqrt{Ra} 12.5$ .
7. Острые кромки притупить по ГОСТ 2.109-73 п.1.114.

\*ТУ 1469-010-73892839-2008

				АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.06				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Протекторы погружные типа ПП-120	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Проб.						Лист	Листов	1
Т.контр.						ООО "Евразия-строй"		
И.контр.					Формат А3			
Утв.					Копировал			





1. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
2. \*Размер для справок.
3. Поверхность А выполнить без зазора с поверхностью Б детали ППО.120.000.001

Таблица 5. Химический состав протекторного сплава

Марка сплава	Основные компоненты, массовая доля, %			Примеси, массовая доля, %			
	Алюминий	Цинк	Магний	Железо	Медь	Никель	Кремний
Ац5Мг5	Основа	4,00-6,00	3,00-5,00	0,10	0,01	0,10	0,15

АПР.ЕС-ЭХ3.ОК-2016-03.07

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит. Масса Масштаб		
Разраб.							
Пров.							
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							

Арматура протектора ПП-120. Состав протекторного сплава

Унифицированные проектные решения по защите от коррозии обсадных колонн

ООО "Евразия-строй"