МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВостНИИ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ НАДШАХТНЫХ ЗДАНИЙ И КОПРОВ ВЫСОТОЙ 60-120 М

Кемерово 1991

gost.e-ecolog.ru

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Копры высотой 60–120 м являются объектами повышенной опасности поражения молнией. Следует также считаться с возможностью такой ориентировки канала молнии, что будет поражаться не только высшая точка копра, но и его верхняя часть.

Ожидаемое количество поражения молнией таких копров N, определенное по зависимости

$$N = 9\pi \cdot h^2 \cdot n \cdot 10^{-6}$$

где h – высота, 60–120 м;

n – среднегодовое число ударов молнии в I км^2 поверхности ;

составляет 0,2–0,75 поражения в год.

Металлическая связь поверхностных сооружений с подземными коммуникациями и металлической крепью создает благоприятные условия для выноса потенциалов в подземные выработки шахт при прямых ударах молнии в копер. В результате чего возникает опасность взрыва метана в местах его скопления.

Различие продольной проводимости подземных металлических коммуникаций и металлической крепи обуславливает искрение в местах их соприкосновения и сближения, при этом большое количество мест соединения практически исключает специальные меры соединения каждого стыка с целью исключения искрения.

Меры по предотвращению заноса опасных потенциалов к местам возможного скопления метана в подземных выработках учитывают большой разброс поперечной проводимости крепи, в результате чего коэффициент затухания волны грозовых напряжений может изменяться в 5 – 10 раз.

Учитывается также повышенная опасность поражения людей, находящихся на посадочных площадках в клеть на поверхности, на промежуточных горизонтах и околоствольном дворе при прямых ударах молнии в копер.

Требования к молниезащите собственно копра исходят из того, что расположение подъемной машины на башенном копре обуславливает опасность поражения обслуживающего персонала, повреждения электрических коммуникаций и электрооборудования.

В рекомендациях по молниезащите принято в качестве способа по устранению глубокого проникновения волн грозовых перенапряжений в подземные выработки шахт при прямых ударах молнии в копер преломление волн перенапряжений путем устройства повторных заземлителей и разрыва в металлической крепи и металлических коммуникациях в местах наиболее вероятного скопления метана взрывоопасной концентрации.

Коэффициент использования повторных заземлителей с учетом небольшой поперечной проводимости крепи выработок имеет высокий уровень, достигающий значения 0,85-0,9 и, следовательно, повторные заземлители являются эффективным средством преломления волн перенапряжений на пути их распространения в подземных выработках.

Количество последовательно устраиваемых повторных заземлителей определяется условием снижения уровня грозовых перенапряжений на выходе из околоствольного двора. Такое условие обеспечивается эффективностью преломления волны перенапряжений на каждом заземлителе.

Эффективность преломления определяется характеристиками продольной проводимости крепи выработок и коммуникаций, поперечной проводимостью крепи и сопротивлением повторных заземлителей, что вызывает необходимость нормирования величины сопротивления заземлителей.

Настоящие "Рекомендации..." содержат конкретные положения по реализации требований "Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87", обусловленные спецификой шахтных сооружений.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ МОЛНИЕЗАЩИТЫ НАДШАХТНЫХ ЗДАНИЙ С КОПРАМИ ВЫСОТОЙ 60-120 М

2.1. В качестве молниеприемника башенного копра используется защитная сетка, уложенная под утеплительный ковер. Ячейка сетки должна быть не более 6х6 м. Сетка выполняется из полосы сечением 25х4 или стержней диаметром не менее 6 мм.

2.2. Барьер, ограждающий кровлю, выполненный в виде металлической решетки, элементы которого обеспечивают необходимую прочность ограждения и имеют сечение не менее 6 мм^2, соединяется сваркой с элементами защитной сетки.

2.3. Элементы защитной сетки по углам копра соединяются сваркой или надежным болтовым соединением с фермами или балками, поддерживающими кровлю.

2.4. Количество токоотводов определяется из условия их расположения по периметру основания копра не реже, чем через 25 м. Количество токоотводов должно быть не менее четырех. В качестве одного токоотвода используется металлическая ходовая лестница, остальные токоотводы прокладываются из полосовой стали сечением не менее 160 мм^2, толщиной не менее 4 мм. Элементы полосовых токоотводов соединяются сваркой. Лестничные марши и площадки лестницы, используемой в качестве токоотвода, соединяются сваркой.

2.5. С целью выравнивания потенциалов в поперечных сечениях копра по его высоте прокладываются выравнивающие контуры. Выравнивающие контуры прокладываются через 10-15 м по высоте копра, совмещая свое расположение с обслуживаемыми отметками копра.

2.6. Выравнивающие контуры имеют сечение не менее 100 мм^2, подсоединяются ко всем токоотводам сваркой.

2.7. К выравнивающим контурам подсоединяются металлические конструкции и оборудование, находящееся на соответствующей отметке, таким образом, чтобы с выравнивающими контурами соединялись все металлоконструкции и электрооборудование.

2.8. Оборудование и металлоконструкции, подлежащие присоединению к выравнивающим контурам, подсоединяются к контуру отдельными проводниками. Для электрооборудования это подсоединение является заземлением электрооборудования.

2.9. Металлические оболочки кабелей, проложенных по копру, подлежат присоединению к каждому выравнивающему контуру.

2.10. В качестве элемента подсоединения металлических оболочек кабеля к выравнивающим контурам могут использоваться конструкции крепления кабелей при условии их крепления отдельными для каждого кабеля прижимными скобами. Диаметр крепежных болтов должен быть не менее 10 мм.

2.11. Отводы от соединяемых с выравнивающим контуром элементов подсоединяются к выравнивающим контурам сваркой. Сечение этих отводов должно быть не менее 50 мм^2.

2.12. Для каждого токоотвода молниезащиты копра предусматривается отдельное заземление. В качестве заземлителей используются вертикальные электроды, соединенные полосой сечением не менее 160 мм^2, толщиной не менее 4 мм.

2.13. Сопротивление заземления проверяется ежегодно перед наступлением грозового сезона с занесением результатов измерения в специальный журнал, в который заносятся также результаты осмотра системы молниезащиты.

2.I4. Заземлители должны быть удалены от проемов для входа людей не менее, чем на 5 м или место их расположения покрыто слоем щебня толщиной 0,2 м и асфальтом на расстоянии не менее 2 м от крайнего стержня.

2.I5. На приемных площадках в надшахтном здании, промежуточных горизонтах и околоствольном дворе в зоне посадочных площадок и обслуживания стволовой сигнализации укладывается заглубленная на 0,I-0,2 м сетка с ячейками не менее 5 $м^2$. Сетка выполняется из полосы сечением 25х4 мм и соединяется с металлоконструкциями и коммуникациями ствола, а также рельсами и крепью выработок.

2.I6. Металлоконструкции армировки ствола, трубопроводы и металлические оболочки кабелей в устье ствола соединяются с заземлителями молниезащиты копра.

В устье ствола устраивается выравнивающий контур из полосы сечением не менее I60 $мм^2$, к которому на сварке подсоединяются не менее двух отводов к очагам заземления молниезащиты копра.

Кабели, трубопроводы, армировка ствола подсоединяются к выравнивающему контуру посредством отводов сечением не менее 50 $мм^2$. Допускается к одному отводу посредством общей конструкции с хомутами сечением не менее I60 $мм^2$ с крепящими болтами диаметром I0 мм группу кабелей или трубопроводов.

2.I7. С целью снижения перепадов напряжения между трубопроводами, кабелями и армировкой ствола через каждые I00 м ствола броня кабелей и трубопроводы соединяются с расстрелами армировки ствола.

2.I8. В стволе на уровне промежуточных горизонтов и околоствольного двора прокладываются выравнивающие контуры из полосы сечением не менее I60 $мм^2$.

К этим контурам присоединяются проложенные по стволу трубопроводы, броня кабелей, металлоконструкции армировки и ограждения ствола, рельсы и металлическая крепь сопряжения ствола с выработкой.

2.19. Для предотвращения при прямых ударах молнии в копер заноса высоких потенциалов к местам возможного скопления метана должны устраиваться повторные заземлители.

2.20. Первые повторные заземлители присоединяются к выравнивающим контурам в стволе на сопряжении ствола с промежуточными горизонтами и околоствольным двором.

2.21. В околоствольных дворах в качестве первых повторных заземлителей испльзуются заземлители в зумпфах стволов.

2.22. На промежуточных горизонтах первые повторные заземлители устраиваются в специальных колодцах, выполненных в соответствии с требованиями правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах.

Повторные заземлители, кроме заземлителей на сопряжении ствола с промежуточным горизонтом или околоствольным двором, могут не устанавливаться, если глубина ствола до сопряжения составляет более 1000 м при $\rho_{пор.} \leq 300$ Омм и более 1300 м при $\rho_{пор.} \geq 500$ Омм.

2.23. Следующие повторные заземлители устанавливаются на выходе выработок за пределы околоствольного двора. Эти заземлители выполняются в сточных канавах. С ними соединяются металлическая крепь выработок, трубопроводы, рельсы, броня кабелей при помощи хомутов сечением не менее 100 мм^2 с болтами диаметром 10 мм. Для заземления группы кабелей может использоваться общая кабельная конструкция, к которой кабели крепятся накладными скобами.

2.24. Для заземлителей в зумпфе или специальном колодце должны применяться стальные полосы площадью не менее 0,75 м^2, толщиной не менее 5 мм, длиной не менее 2,5 м. Эти же заземлители могут использоваться для заземления электрооборудования в качестве главных заземлителей.

2.25. Для заземлителей в сточных канавах должны применяться стальные полосы площадью не менее 0,7 м^2, толщиной не менее 4 мм и длиной не менее 2,5 м.

2.26. Сопротивление заземления копра должно быть не более 2 Ом.

Сопротивление повторного заземления на сопряжении ствола с промежуточным горизонтом или околоствольным двором не должно превышать 0,5 Ом.

2.27. Для снижения уровня опасности искрения в местах контакта направляющих подъемного сосуда с проводниками при прямых ударах молнии в копер предусматривать в местах загрузки и разгрузки скипов средства пылеподавления.

2.28. Устройство местных заземлителей подземных высоковольтных распредпунктов должно предусматривать соединение заземлителей с металлической крепью выработок и трубопроводов, находящихся в непосредственной близости с РП.

2.29. Ставы ленточных конвейеров, не имеющие непосредственного контактка с почвой выработки, должны соединяться с металлической крепью через 300 м.

2.30. В местах подведения изолирующих сооружений должны быть сняты рельсы, трубы, кабели, канаты, рамы конвейеров, контактный провод и металлические распоры крепи на расстояние не менее 2 м от перемычки в каждую сторону.

2.31. Защита от электростатических воздействий молнии осуществляется использованием тех же заземлителей, как и для предотвращения выноса высоких потенциалов при прямых ударах молнии в копер.

2.32. Первые две металлические опоры эстакад технологического комплекса, примыкающие к копру, заземляются с сопротивлением заземления каждой опоры не менее 10 Ом.

2.33. Шахтные сооружения, не вписывающиеся в зону, защищаемую системой молниезащиты копра, должны защищаться в соответствии

с требованиями "Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений, РД 34.21.122-87". Категория молниезащиты определяется с учетом отнесения поверхностных сооружений к взрывоопасным и пожароопасным зонам различных классов согласно "Инструкции по проектированию зданий и сооружений шахт, разрезов, обогатительных и брикетных фабрик с взрывопожароопасным характером производства, ВНТП-82 - Минуглепром СССР".

ПРИЛОЖЕНИЕ СПРАВОЧНОЕ

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ ТРЕБОВАНИЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ПРОТИВ ЗАНОСА ВЫСОКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ В ПОДЗЕМНЫЕ ВЫРАБОТКИ

I. Затухание волны перенапряжений, распространяющейся по стволу и подземным выработкам шахт учитывается согласно следующей зависимости

$$U_{m\ell} = U_{m1} \cdot e^{-\beta x} \qquad (1)$$

где $U_{m\ell}$ – амплитуда волны в рассматриваемой точке выработки, В ;

U_{m1} – амплитуда волны в начальной точке;

x – расстояние до рассматриваемой точки от начальной точки (заземлитель копра, повторный заземлитель), м ;

β – коэффициент затухания;

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} g \left(\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2} + r \right)} \quad , \qquad (2)$$

$$\omega = 2\pi f$$

где g – поперечная проводимость стекания тока с крепи выработок, $^{Сим}/_{м}$:

L – погонная индуктивность металлической крепи выработок и коммуникаций в ней, $^{Гн}/_{м}$;

r – продольное погонное сопротивление крепи выработок и коммуникаций в ней, Ом/м;

f – эквивалентная частота тока молнии.

Эквивалентная частота волны тока, распространяющегося в подземных выработках определяется следующим соотношением

$$f = a + \frac{b}{x} \qquad (3)$$

где a и b – коэффициенты регрессии, являющиеся функцией погонной поперечной проводимости выработки.

Коэффициенты регрессии для определения эквивалентной частоты.

Таблица I

Погонная поперечная проводимость выработки, Сим/м	a	в
$5 \cdot 10^{-2}$	780	48000
$3{,}33 \cdot 10^{-3}$	I020	I52000
$1 \cdot 10^{-3}$	I500	I95000

С учетом погонных параметров различных типов выработок, а также эквивалентной частоты для различных точек выработки получены значения коэффициента снижения амплитуды волны (см.таблицу 2)

$$K_i = e^{-\beta x}$$

Таким образом, выражение (I) принимает вид

$$U_{m\ell} = U_{m1} \cdot K_1 \cdot K_2$$

где K_I и K_2 – коэффициенты снижения амплитуды волны для ствола и околоствольного двора.

Значения коэффициента снижения амплитуды волны напряжения для различных типов выработок

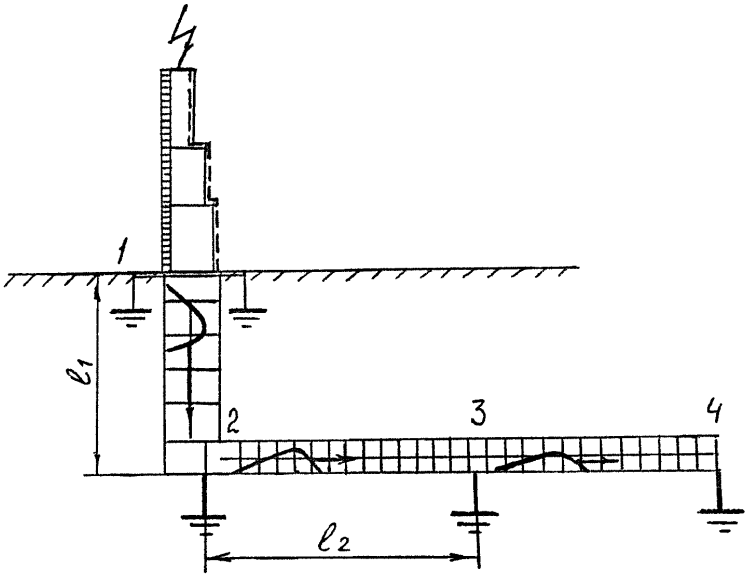
Таблица 2

Характеристика выработки	Коэффициент снижения амплитуды волны при удельном объемном сопротивлении вмещающих пород, Ом.м											
	20						500(300*)					
	глубина ствола						глубина ствола					
	I00	200	300	500	800	I000	I00	200	300	500	800	I000
I.Ствол с крепью из монолитного железобетона с удельной проводимостью 300 Ом.м с тремя расстрелами в ярусе (расстояние между ярусами - 4,I м)	0,50	0,3I	0,20	$7,8.10^{-2}$	20.10^{-2}	$8,1.10^{-3}$	0,52	0,34	0,22	$9,4.10^{-2}$	$2,7.10^{-2}$	$I,2.10^{-2}$
2.То же с удельной проводимостью железобетона I50 Ом.м	0,40	0,20	0,II	$2,9.10^{-2}$	$4,0.10^{-3}$	$I,I.10^{-3}$	0,49	0,30	0,I8	$6,8.10^{-2}$	$I,6.10^{-2}$	$6,I.10^{-3}$
3.Ствол с крепью из монолитного железобетона с удельной проводимостью 300 Ом.м с тремя расстрелами в ярусе (расстояние между ярусами - 3,I м)	0,47	0,27	0,I6	$5,8.10^{-2}$	$I,2.10^{-2}$	$4,4.10^{-3}$	0,50	0,30.	0,I9	$7,3.10^{-2}$	$I,8.10^{-2}$	$7,0.10^{-3}$
4.То же с удельной проводимостью железобетона I50 Ом.м	0,38	0,I8	$9,I.10^{-2}$	$2,2.10^{-2}$	$2,8.10^{-3}$	$6,9.10^{-4}$	0,45	0,26	0,I5	$5,0.10^{-2}$	$9,8.10^{-3}$	$3,3.10^{-3}$
5.Выработка околоствольного двора с крепью из монолитного железобетона с двухколейным рельсовым путем с деревянными шпалами длиной , м:												
I00	0,68	0,70	0,72	0,73	0,74	0,74	0,74	0,77	0,78	0,79	0,80	0,80
200	0,47	0,50	0,5I	0,53	0,54	0,55	0,55	0,60	0,6I	0,63	0,64	0,64
300	0,32	0,35	0,37	0,39	0,40	0,40	0,4I	0,46	0,47	0,50	0,5I	0,5I
6.То же с железобетонными шпалами , м:												
I00	0,52	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,48	0,52	0,54	0,56	0,57	0,57
200	0,29	0,3I	0,32	0,33	0,34	0,34	0,24	0,27	0,29	0,3I	0,32	0,33
300	0,I7	0,I7	0,I8	0,I9	0,I9	0,20	0,I2	0,I4	0,I6	0,I7	0,I8	0,I9

Примечание: *) - значение удельного сопротивления вмещающих пород 300 Ом.м принято только для выработок околоствольного двора.

2. Преломление волны перенапряжений на последовательно расположенных заземлителях.

Схема распространения волны



Коэффициент преломления

$$\alpha = \frac{2R_з}{Z_{в1} + R_з\left(1 + \frac{Z_{в1}}{Z_{в2}}\right)}$$

где $R_з$ – сопротивление заземления, Ом;

$Z_{в1}$ – волновое сопротивление крепи выработки и металлических коммуникаций в ней, Ом;

$Z_{в2}$ – волновое сопротивление крепи выработки и металлических коммуникаций в ней после заземлителя, Ом;

$$Z_в = \sqrt[4]{\frac{r^2 + \omega^2 \cdot L^2}{g^2}}$$

Значения коэффициента преломления приведены в таблице 3.

Значения коэффициента преломления на заземлителях,
установленных в различных точках выработок

Таблица 3

Характеристика места установки заземлителя	Коэффициент преломления при удельном объемном сопротивлении вмещающих пород, Ом.м											
	20						500 (300*)					
	при глубине ствола, м						при глубине ствола, м					
	I00	200	300	500	800	I000	I00	200	300	500	800	I000
Заземлитель молниезащиты копра с импульсным сопротивлением, Ом:												
0,5			$3,6 \cdot I0^{-3}$						$3,6 \cdot I0^{-3}$			
I			$6,5 \cdot I0^{-3}$						$6,7 \cdot I0^{-3}$			
2			$I,I \cdot I0^{-2}$						$I,I4 \cdot I0^{-2}$			
Заземлитель в зумпфе ствола или специальном колодце с импульсным сопротивлением, Ом:												
0,5	0,60	0,62	0,64	0,65	0,66	0,66	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,56
I	0,80	0,84	0,86	0,88	0,89	0,89	0,69	0,73	0,76	0,78	0,79	0,79
Повторный заземлитель в выработке околоствольного двора при двухколлейном рельсовом пути с деревянными шпалами с импульсным сопротивлением, Ом:												
0,5	0,28	0,30	0,3I	0,32	0,33	0,33	0,20	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26
I	0,44	0,46	0,47	0,49	0,50	0,50	0,33	0,37	0,38	0,40	0,40	0,4I
2	0,6I	0,63	0,64	0,66	0,66	0,66	0,50	0,54	0,55	0,57	0,57	0,58
То же с железобетонными шпалами при импульсном сопротивлении повторного заземлителя, Ом:												
0,5	0,43	0,45	0,45	0,46	0,47	0,47	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30
I	0,60	0,6I	0,62	0,63	0,64	0,64	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46	0,46
2	0,75	0,76	0,77	0,77	0,78	0,78	0,57	0,59	0,6I	0,62	0,63	0,63

Примечание *) - значение удельного сопротивления вмещающих пород 300 Ом.м принято только для выработок околоствольного двора.

Пример. Определение уровня амплитуды волны перенапряжения на выходе из околоствольного двора при следующих данных:

сопротивление заземляющего устройства под копром $R_{з1}$ =2 Ом;

удельное сопротивление грунта на поверхности и вмещающих пород $\rho_{пор.}$ = I00 Ом·м;

глубина ствола h = 300 м;

сопротивление заземлителя в зумпфе ствола $R_{з2}$ = 0,5 Ом;

длина выработки околоствольного двора l_o = 300 м;

количество и сопротивление повторных заземлителей, расположенных в водосборных канавах или специальных колодцах 2 х 0,5 Ом.

I. По таблицам I и 2 определяем при помощи линейной интерполяции значения коэффициентов:

α_1 = I,I $\cdot 10^{-2}$ (коэффициент преломления на $R_{з1}$);

α_2 = 0,62 (коэффициент преломления на $R_{з2}$);

α_3 = 0,30 (коэффициент преломления на повт.заземлителях);

K_1 = 0,I22 (коэффициент снижения амплитуды волны в стволе);

K_2 = 0,387 (коэффициент снижения амплитуды волны в околоствольном дворе).

2. Суммарный коэффициент снижения амплитуды волны перенапряжения равен

$$K_\Sigma = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot K_1 \cdot K_2 = 2{,}9 \cdot 10^{-5}$$

3. Амплитуда волны перенапряжения на выходе из околоствольного двора

$$U_{m4} = I_o \cdot Z_к \cdot K_\Sigma$$

где I_o – ток молнии, А;

$Z_к$ – сопротивление канала молнии ($Z_к$ = 250 Ом);

$$U_{m4} = 60 \cdot 10^3 \cdot 250 \cdot 2{,}9 \cdot 10^{-5} = 435 \text{ (В)}.$$

Данный пример показывает, что применяемых мер недостаточно для снижения амплитуды волны перенапряжения до 100 В. Указанного уровня волна достигнет через ℓ , м:

$$\ell = -\frac{\ln \frac{U_{доп}}{U_{тч}}}{\beta}$$

где β – коэффициент затухания, ориентировочные значения которого даны в таблице 4.

$$\ell = -\frac{\ln \frac{100}{435}}{2{,}41 \cdot 10^{-3}} \approx 610 \text{ (м)}$$

В приведенном примере следует предусмотреть установку дополнительных повторных заземлителей.

Значение коэффициента затухания (β) для отдаленных от ствола выработок (f = 900 Гц).

Таблица 4

Характеристика выработки	Коэффициент затухания β при удельной проводимости вмещающих пород	
	20 Омм	300 Омм
Выработка с одноколлейным рельсовым путем с деревянными шпалами	$2{,}62 \cdot 10^{-3}$	$1{,}87 \cdot 10^{-3}$
То же с железобетонными шпалами	$4{,}68 \cdot 10^{-3}$	$2{,}37 \cdot 10^{-3}$
Выработка с двухколлейным рельсовым путем с деревянными шпалами	$3{,}03 \cdot 10^{-3}$	$2{,}17 \cdot 10^{-3}$
То же с железобетонными шпалами	$5{,}41 \cdot 10^{-3}$	$2{,}74 \cdot 10^{-3}$

gost.e-ecolog.ru