



Общество с ограниченной ответственностью
«ВОЛЬТ-СПБ» (ООО «ВОЛЬТ-СПБ»)

Митрофаньевское ш., д. 5Е, лит. А, пом. 36
г. Санкт-Петербург, Россия, 198095
тел./факс: +7 (812) 407-28-52
e-mail: info@volt-spb.ru
web: www.volt-spb.ru
ОКПО 65897260, ОГРН 1107847080186
ИНН 7810582416, КПП 783901001

№ РЗК-___ от __. __. 2025

**РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА
ОБЪЁМНЫХ ГРАФИТОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ
ОГ-АСПИД-М60-А
для организации заземляющего устройства**

Санкт-Петербург
2025 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЁМНОГО ГРАФИТОВОГО ЭЛЕКТРОДА ОГ-АСПИД-М60-А

Объёмный графитовый электрод – заземлитель, разработанный для организации заземляющего устройства в грунтах, где применение традиционных заземлителей невозможно ввиду высокой крепости грунтов. «АСПИД» обладает повышенной эффективностью по сравнению с традиционными заземлителями.

Электрод «АСПИД» состоит из одного или нескольких стержней длиной 1,5/3/6 м, которые соединены между собой резьбовыми муфтами (по требованию заказчика возможно соединение модулей между собой при помощи фланцевых болтовых соединений). Электрод и околоэлектродное пространство заполняется низкоомной токопроводящей многокомпонентной активной смесью с добавлением морозоустойчивого пластификатора «МАСТ», которая не подвержена вымыванию и растрескиванию на протяжении всего процесса эксплуатации.

Принцип работы графитового заземления основан на увеличении токоотдающей поверхности электрода за счёт локальной замены высокоомного грунта на низкоомную активную смесь «МАСТ» и инъекции её в околоэлектродное пространство. Электроды эксплуатируются в различных почвенно-климатических условиях. При соблюдении требований инструкции по монтажу срок службы составляет не менее 30 лет.

Объёмный графитовый электрод поставляется в комплекте с расходными материалами и всеми необходимыми компонентами для монтажа: насадка монтажная, электрод трубный модульный*, муфта резьбовая соединительная*, коронка стартовая, многокомпонентная активная смесь токопроводящая «МАСТ»*, насадка на отбойный молоток/перфоратор, инструменты, расходные материалы для монтажа, документация (см. Приложение 1).

Комплектуемые изделия поставляются во влагозащищённых деревянных ящиках, электроды поставляются в обрешётке. При отгрузке в районы Крайнего Севера электроды упаковываются согласно ГОСТ 15846-2002 «Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

Для максимально эффективного использования объёмных графитовых электродов минимальное расстояние между ними должно быть больше или равно их длине.

Подключение объёмного графитового электрода к горизонтальному проводнику осуществляется при помощи монтажной насадки (сварное или болтовое соединение).

* – Количество зависит от длины электрода.

РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА ОБЪЁМНЫХ ГРАФИТОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ОГ-АСПИД-М60-А ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Наименование объекта: Объект №

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства: 10 Ом

Удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта: 500 Ом·м

Удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта: 300 Ом·м

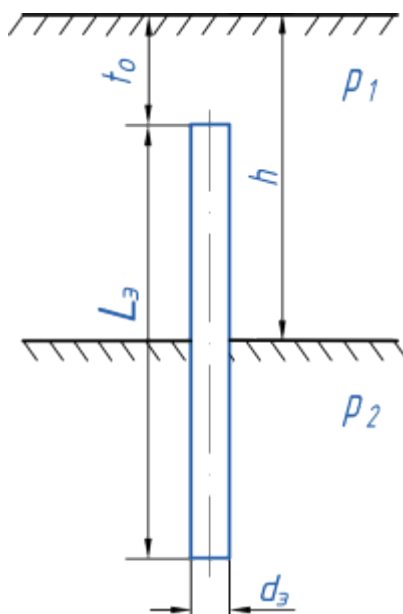
Глубина верхнего слоя грунта: 2 м

Климатический район: IV

1. Эквивалентное удельное сопротивление двухслойного грунта для вертикального электрода рассчитывается по следующей формуле (согласно книге Е.Г. Титова «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений»):

$$\rho_{\text{ГР}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot L_{\text{Э}}}{\rho_1 \cdot (t_0 + k \cdot L_{\text{Э}} - h) + \rho_2 \cdot (h - t_0)} = \frac{500 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 6}{500 \cdot (0,5 + 1 \cdot 6 - 2) + 300 \cdot (2 - 0,5)} = 334 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

Расположение вертикального электрода в двухслойном грунте:



где:

$\rho_{\text{ГР}}$ – эквивалентное удельное сопротивление двухслойного грунта, Ом·м;

ρ_1 – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта, Ом·м; $\rho_1 = 500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

ρ_2 – удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта, Ом·м; $\rho_2 = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

$k = 1$ при $\rho_1 \geq \rho_2$, $k = 1,2$ при $\rho_1 < \rho_2$;

L_3 – длина электрода, м; $L_3 = 6 \text{ м}$;

d_3 – диаметр электрода, м; $d_3 = 0,027 \text{ м}$;

t_0 – глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли, м; $t_0 = 0,5 \text{ м}$;

h – глубина верхнего слоя грунта, м; $h = 2 \text{ м}$.

2. Сопротивление многоэлектродного заземлителя, выполненного с использованием оборудования типа ОГ-АСПИД-М6О-А (см. Приложение 2) определяется по формулам:

2.1. Сопротивление одиночного объёмного графитового электрода вертикального исполнения (на основании таблицы 7.9 из «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина):

$$R_{\text{ОГЭ}} = C_{\text{ОГЭ}} \cdot \frac{K \cdot 0,366 \cdot \rho_{\text{ГР}}}{L_{\text{Э}}} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot L_{\text{Э}}}{d_{\text{Э}}}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_{\text{Э}}}{4 \cdot t_1 - L_{\text{Э}}}\right) \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,1 \cdot 0,366 \cdot 334}{6} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 6}{0,027}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot 3,5 + 6}{4 \cdot 3,5 - 6}\right) \right) = 31,9 \text{ Ом},$$

где:

$R_{\text{ОГЭ}}$ – сопротивление одиночного вертикального электрода, Ом;

$C_{\text{ОГЭ}}$ – коэффициент понижения сопротивления объёмного графитового электрода. Для данного типа грунта $C_{\text{ОГЭ}} = 1/2$ (см. таблицу 1 Приложения 3);

K – климатический коэффициент сезонности. Для IV климатического района $K = 1,1$ (см. таблицу 2 Приложения 3);

$\rho_{\text{ГР}}$ – эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м; $\rho_{\text{ГР}} = 334 \text{ Ом·м}$;

$L_{\text{Э}}$ – длина вертикального электрода, м; $L_{\text{Э}} = 6 \text{ м}$;

$d_{\text{Э}}$ – диаметр электрода, м; $d_{\text{Э}} = 0,027 \text{ м}$;

t_1 – средняя глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли, м;

$t_1 = t_0 + 0,5 \cdot L_{\text{Э}}$;

t_0 – глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли, м; $t_0 = 0,5 \text{ м}$;

$t_1 = 0,5 + 0,5 \cdot 6 = 3,5 \text{ м}$.

2.2. Количество объёмных графитовых электродов :

$$n = \frac{R_{\text{ОГЭ}}}{R_{\text{Н}}} = \frac{31,9}{10} = 3,19,$$

где:

n – количество объёмных графитовых электродов (всегда округляется до большего целого), шт.;

$n = 4 \text{ шт.}$;

$R_{\text{Н}}$ – нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом; $R_{\text{Н}} = 10 \text{ Ом}$.

Зная ориентировочное количество объёмных графитовых электродов, необходимо рассчитать количество электродов с учетом коэффициента использования (влияния соседних электродов друг на друга):

$$n = \frac{R_{\text{ОГЭ}}}{R_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ИВ}}} = \frac{31,9}{10 \cdot 0,62} = 5,15,$$

где:

$R_{\text{ОГЭ}}$ – сопротивление одиночного вертикального электрода, Ом;

$K_{\text{ИВ}} = 0,62$ – для вертикальных заземлителей, расположенных по контуру, при количестве 4 шт., отношение расстояния между заземлителями к их длине равно 1 (см. таблицу 3 Приложения 3).

Количество электродов всегда округляется до большего целого, следовательно, $n = 6$ шт.

2.3. Суммарное сопротивление многоэлектродного заземлителя, выполненного с использованием оборудования типа ОГ-АСПИД-М6О-А:

$$R_{\Sigma\text{ОГЭ}} = \frac{R_{\text{ОГЭ}}}{n \cdot K_{\text{ИБ}}} = \frac{31,9}{6 \cdot 0,62} = 8,58 \text{ Ом} \leq 10 \text{ Ом} \left(R_{\Sigma\text{ОГЭ}} \leq R_{\text{Н}} \right).$$

3. Суммарное сопротивление горизонтального заземлителя рассчитывается по формулам:

3.1. Сопротивление горизонтального заземлителя (сталь полосовая 5x40 мм) (согласно «Справочнику по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина):

$$R_{\Gamma} = \frac{K \cdot 0,366 \cdot \rho_1}{L_{\Gamma}} \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot L_{\Gamma}^2}{b \cdot t_0} \right) = \frac{1,5 \cdot 0,366 \cdot 500}{32} \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot 32^2}{0,04 \cdot 0,6} \right) = 42,3 \text{ Ом},$$

где:

R_{Γ} – сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

K – климатический коэффициент сезонности. Для IV климатического района $K = 1,5$ (см. таблицу 2 Приложения 3);

ρ_1 – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта, Ом·м; $\rho_1 = 500$ Ом·м;

L_{Γ} – длина горизонтального заземлителя, м; $L_{\Gamma} = 32$ м;

b – ширина полосы, м; $b = 0,04$ м;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя, м; $t_0 = 0,6$ м.

Для расчёта сопротивления горизонтального заземлителя учитывается удельное сопротивление только верхнего слоя грунта, в котором он полностью расположен (поскольку $h > t_0$).

3.2. Суммарное сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{\Sigma\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{K_{\text{ИГ}}} = \frac{42,3}{0,36} = 117,5 \text{ Ом},$$

где:

$R_{\Sigma\Gamma}$ – суммарное сопротивление горизонтального заземлителя;

$K_{\text{ИГ}}$ – коэффициент использования (экранирования) горизонтального заземлителя. В этом случае он равен 0.36 (электроды расположены по контуру, количество электродов 6 шт., отношение расстояния между электродами к их длине равно 1) (см. таблицу 4 Приложения 3).

4. Полное сопротивление заземляющего устройства рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{R_{\Sigma\text{ОГЭ}} \cdot R_{\Sigma\Gamma}}{R_{\Sigma\text{ОГЭ}} + R_{\Sigma\Gamma}} = \frac{9,67 \cdot 117,5}{9,67 + 117,5} = 8,93 \text{ Ом} \leq 10 \text{ Ом} \left(R \leq R_{\text{Н}} \right).$$

Расчётные данные получены при использовании 6 объёмных графитовых электродов длиной 6 метров ОГ-АСПИД-М60-А.

Расчет количества электродов заземления выполнен на указанные исходные данные. При изменении исходных данных (удельное электрическое сопротивление грунта, глубина слоев грунта, нормируемое сопротивление) необходим пересчет количества электродов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В КОМПЛЕКТ ОГ-АСПИД-М60-А

| Поз. | Наименование | Кол-во | Ед.изм. |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------|---------|
| 1 | Объёмный графитовый электрод ОГ-АСПИД-М60-А ТУ 3418-001-65897260-2012 | 6 | компл. |
| В один комплект объёмного графитового электрода ОГ-АСПИД-М60-А входит: | | | |
| 1.1 | Насадка монтажная оцинкованная | 1 | шт. |
| 1.2 | Электрод трубный оцинкованный L=1500 мм, d=27 мм | 4 | шт. |
| 1.3 | Муфта резьбовая соединительная оцинкованная | 3 | шт. |
| 1.4 | Коронка стартовая оцинкованная | 1 | шт. |
| 1.5 | Многокомпонентная активная смесь токопроводящая «МАСТ» | 24 | кг. |
| 1.6 | Насадка на отбойный молоток/перфоратор (на партию) | 1 | шт. |
| 1.7 | Расходные материалы для монтажа (на один ящик) | 1 | компл. |
| 1.8 | Паспорт (на партию) | 1 | шт. |
| 1.9 | Инструкция по монтажу (на один ящик) | 1 | шт. |
| 2 | Сталь полосовая 5x40 мм ГОСТ 103-2006 | 32 * | м |

Возможны 2 способа монтажа объёмного графитового электрода:

- в скважину диаметром 80 мм (рекомендуемый способ);
- погружение электрода с помощью виброинструмента.

При монтаже электрода с помощью виброинструмента необходимо дополнительно подготовить инъекционный насос (не входит в объём поставки ООО «ВОЛЬТ-СПБ») для закачивания токопроводящего раствора «МАСТ».

В случае, если партия оборудования предназначается для нескольких объектов строительства/монтажа, количество насадок (поз. 1.6) должно соответствовать количеству объектов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОДА ОГ-АСПИД-М60-А



ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТАБЛИЦЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАСЧЁТЕ

Таблица 1. Значение коэффициента понижения сопротивления объемного графитового электрода ($C_{огэ}$) в зависимости от категории грунта (на основании таблицы классификация горных пород по крепости (шкала проф. М. М. Протодяконова)

| $C_{огэ}$ | Категория грунта (породы) | Степень крепости | Наименования и характеристики категорий грунтов (пород) |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\frac{1}{1,2}$ | I | В высшей степени крепкие | Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы |
| | II | Очень крепкие | Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки |
| | III | Крепкие | Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды |
| | IIIa | Крепкие | Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы |
| | IV | Довольно крепкие | Обыкновенный песчаник. Железные руды |
| | IVa | Довольно крепкие | Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники |
| $\frac{1}{1,4}$ | V | Средней крепости | Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат |
| | Va | Средней крепости | Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель |
| $\frac{1}{1,6}$ | VI | Довольно мягкие | Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, цементированная галька, каменистый грунт |
| | VIa | Довольно мягкие | Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина |
| $\frac{1}{1,8}$ | VII | Мягкие | Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт |
| | VIIa | Мягкие | Легкая песчанистая глина, лесс, гравий |
| $\frac{1}{2}$ | VIII | Землистые | Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок |
| | IX | Сыпучие | Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь |
| | X | Плывучие | Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты |

Таблица 2. Значение климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта, К

На основании таблицы 7.7 из «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина.

| Характеристика районов и виды применяемых заземлителей | Климатический район | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| | I | II | III | IV |
| Характеристика районов | | | | |
| Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С | от -20 до -15 | от -14 до -10 | от -10 до 0 | от 0 до +5 |
| Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С | от +15 до +18 | от +18 до +22 | от +22 до +24 | от +24 до +26 |
| Виды заземлителей и климатические коэффициенты сезонности к величине удельного сопротивления грунта | | | | |
| Протяжённые заземлители (полоса, круглая сталь) | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 1,5 |
| Стержневые заземлители (угловая сталь, трубы) | 1,65 | 1,45 | 1,3 | 1,1 |

Таблица 3. Значение коэффициента использования (экранирования) вертикального заземлителя $K_{\text{ив}}$ в зависимости от расстояния между электродами и от их расположения

На основании таблицы 7.10 «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина.

| Количество заземлителей в ряду, шт. | Расположение заземлителей в ряд | | | Количество заземлителей по контуру, шт. | Расположение заземлителей по контуру | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|
| | Отношение расстояния между заземлителями к их длине | | | | Отношение расстояния между заземлителями к их длине | | |
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 0,86 | 0,91 | 0,94 | 4 | 0,69 | 0,78 | 0,85 |
| 3 | 0,78 | 0,87 | 0,91 | 6 | 0,62 | 0,73 | 0,80 |
| 5 | 0,70 | 0,81 | 0,87 | 10 | 0,55 | 0,69 | 0,76 |
| 10 | 0,59 | 0,75 | 0,81 | 20 | 0,47 | 0,64 | 0,71 |
| 15 | 0,54 | 0,71 | 0,78 | 40 | 0,41 | 0,58 | 0,67 |
| 20 | 0,49 | 0,68 | 0,77 | 60 | 0,39 | 0,55 | 0,65 |
| | | | | 100 | 0,36 | 0,52 | 0,62 |

Таблица 4. Значение коэффициента использования (экранирования) горизонтального заземлителя $K_{\text{ит}}$ в зависимости от расстояния между электродами и от их расположения

На основании таблиц 7.11 и 7.12 «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина.

| Количество заземлителей в ряду, шт. | Расположение заземлителей в ряд | | | Количество заземлителей по контуру, шт. | Расположение заземлителей по контуру | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|
| | Отношение расстояния между заземлителями к их длине | | | | Отношение расстояния между заземлителями к их длине | | |
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 0,77 | 0,89 | 0,92 | 4 | 0,45 | 0,55 | 0,70 |
| 5 | 0,74 | 0,86 | 0,90 | 5 | 0,40 | 0,48 | 0,64 |
| 8 | 0,67 | 0,79 | 0,85 | 8 | 0,36 | 0,43 | 0,60 |
| 10 | 0,62 | 0,75 | 0,82 | 10 | 0,34 | 0,40 | 0,56 |
| 20 | 0,42 | 0,56 | 0,68 | 20 | 0,27 | 0,32 | 0,45 |
| 30 | 0,31 | 0,46 | 0,58 | 30 | 0,24 | 0,30 | 0,41 |
| 50 | 0,21 | 0,36 | 0,49 | 50 | 0,21 | 0,28 | 0,37 |
| 65 | 0,20 | 0,34 | 0,47 | 70 | 0,20 | 0,26 | 0,35 |
| | | | | 100 | 0,19 | 0,24 | 0,33 |

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАЦИИ И РАЗРЕШИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Расчеты выполнены на основании:

- Е.Г. Титов «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений»;
- Ю.Г. Барыбин «Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования»;
- М.Р. Найфельд «Заземление и другие защитные меры (3-е издание)»;
- А.Л. Вайнер «Заземления»;
- Министерство связи СССР. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов.

Конструктив и характеристики соответствуют требованиям:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е издание;
- ГОСТ Р 58882-2020 «Заземляющие устройства. Системы уравнивания потенциалов. Заземлители. Заземляющие проводники. Технические требования»;
- ГОСТ Р 50571.5.54-2013 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов»;
- ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014 «Компоненты системы молниезащиты. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам»;
- ГОСТ Р МЭК 62561.7-2016 «Компоненты системы молниезащиты. Часть 7. Требования к смесям, нормализующим заземление»;
- СТО 56947007-29.130.15.114-2012 «Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ»;
- РД 153-34.3-35.125-99 «Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений».

Сведения о сертификации:

- сертификат соответствия в рамках добровольной сертификации продукции № РОСС RU.ПБ44.Н16132 от 09.11.2023;
- сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям ISO 9001:2015 № 107290/A/0001/UK/RUS от 02.07.2022;
- сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям СТО Газпром 9001-2018 № ОГН1.RU.1417.K00065 от 10.07.2024;
- сертификат о происхождении товара по форме СТ-1 № 3002006038 от 28.03.2023;
- сертификат соответствия системы добровольной сертификации ИНТЕРГАЗСЕРТ № ОГН4.RU.1119.V03150 от 09.08.2024.