

Національна металургійна академія України, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та ін. – Дніпро: НМетАУ, 2021. стр. 253-256 DOI:10.34185/1991-7848.itmm.2021.01.031

УДК 621.316.99

## О РАЗМЕРАХ ЗАЕМЛИТЕЛЯ НА КАТЕРЕ

**М.Ю. Пустоветов**

кандидат технических наук, инженер кафедры технологии машиностроения, Технологический институт (филиал) Донского государственного технического университета, г. Азов Россия, e-mail: [mgsn2006@yandex.ru](mailto:mgsn2006@yandex.ru)

**Аннотация.** Нормативные документы, которыми следует руководствоваться инженерно-техническим работникам при реализации того или иного технического решения, содержат директивы, наставления или рекомендации без подробного пояснения причин и механизмов их формирования. Тем не менее, содержание нормативных документов имеет под собой техническую, физическую основу. Автор предлагает пояснения к выбору размеров заземлителя на катере, основанные на расчете сопротивления растеканию тока листового заземлителя.

*Ключевые слова:* маломерное судно, токонепроводящий корпус, заземлитель, система с изолированной нейтралью.

## ABOUT THE SIZE OF THE GROUNDING DEVICE ON THE BOAT

**Mikhail Pustovetov**

Ph.D., Engineer of Engineering Technology Department, Technological Institute (Branch) of Don State Technical University, Azov, Russia, e-mail: [mgsn2006@yandex.ru](mailto:mgsn2006@yandex.ru)

**Abstract.** Regulatory documents that should guide engineering and technical workers in the implementation of a technical solution contain directives, instructions or recommendations without a detailed explanation of the reasons and mechanisms for their formation. Nevertheless, the content of the normative documents has a technical, physical basis. The author offers explanations for the choice of the size of the grounding device on the boat, based on the calculation of the current spreading resistance of the sheet grounding conductor.

*Keywords:* small vessel, current-insulating hull, earthing device, system with insulated neutral.

**Введение.** В наши дни широкое распространение получила технология судостроения из пластика. В особенности часто пластиковые корпуса встречаются на маломерных судах (длина не превышает 20 м), в том числе катерах. Как указано в разделе 2.1 [1]: «Защитное заземление — электрическое подсо-

единение оборудования к земле. На борту судна данное подсоединение осуществляется к корпусу судна. Корпус судна — все металлические части судна, имеющие надежное электрическое соединение с наружной металлической обшивкой. Для судов с токонепроводящим корпусом — специальный медный лист площадью не менее  $0,5 \text{ м}^2$  и толщиной не менее 2 мм или лист из углеродистой стали площадью не менее  $1,5 \text{ м}^2$  и толщиной не менее 6 мм, прикрепленный к подводной части наружной обшивки при осадке порожнем и используемый для заземления всех устройств, имеющих на судне». В разделе 1.2 [2] формулировка аналогична, но упоминается только медный лист с теми же характеристиками (вероятно, в морской воде незащищенный лист из углеродистой стали чрезмерно подвержен коррозии). Поскольку стальному листу предписаны значительные габариты и масса, явно плохо совмещающиеся с понятием маломерного судна, будем далее рассматривать только случай медного листа-заземлителя, значительно более скромного по размерам. Автор столкнулся в своей практике с тем, что даже предписанные размеры медного листа вызывают неприятие у некоторых судостроителей, считающих, что указания в документах [1] и [2] касаются крупных судов, но не относятся к маломерным, для которых заземлитель должен быть существенно меньше.

**Цель работы.** Привести подкрепленное расчетами обоснование достаточного размера заземлителя катера.

**Материал и результаты исследований.** Согласно п. 4.4 [3]: «Защитному заземлению подлежит: стационарное электрооборудование с металлическим корпусом, металлические конструкции для защиты подводимых к электрооборудованию кабелей (каналы, трубы, желоба, кожухи), наружные и внутренние металлические оболочки (оплетки) подводимых к электрооборудованию кабелей при рабочем постоянном напряжении более 50 В и переменном напряжении более 30 В». То есть, если на катере установлено электрооборудование с номинальным переменным напряжением 220 В, то его нетоковедущие металлические части подлежат заземлению.

Система питания переменным током на катере, как при работе установленного на борту электрогенератора, так и при работе от береговой сети, является системой с изолированной нейтралью (нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока, средняя точка источника постоянного тока, один из выводов источника однофазного тока не присоединены к заземлителю при помощи заземляющего проводника). Согласно п. 1.7.104 «Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью» [4]: «Как правило, не требуется принимать значение сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом. Допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом, если ... мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100

кВА». Заметим, что типичная мощность потребителей на борту катера не превышает 5...20 кВА.

Рассчитаем сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, представляющего собой лист меди площадью  $0,5 \text{ м}^2$  (пусть его размеры таковы: длина  $l = 1 \text{ м}$ , ширина  $b = 0,5 \text{ м}$ , заглубление (расстояние от поверхности воды до середины листа, закрепленного на транце катера  $t = b/2 = 0,25 \text{ м}$ ).

Для расчета сопротивления плоского заземлителя, только одна сторона которого контактирует с землей или водой, известны два выражения:

$$R = 2 \cdot 0,25 \frac{\rho}{\sqrt{l \cdot b}}, \quad (1)$$

где  $\rho$ , Ом·м – удельное сопротивление воды (для морской воды  $0,3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  [5], для речной воды  $10...100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  [5]). Заметим, что последнее число совпадает со значением удельного сопротивления грунта (до  $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ), используемым в [4].

$$R = 2 \cdot \frac{0,366\rho}{l} \lg\left(\frac{2l^2}{b \cdot t}\right). \quad (2)$$

Для морской воды вычисления по выражению (1) дают результат  $0,21 \text{ Ом}$ , по выражению (2) результат  $0,26 \text{ Ом}$ .

Для речной воды получаем по выражению (1) получаем диапазон значений сопротивления  $7,07...70,7 \text{ Ом}$ , а по выражению (2)  $8,81...88,1 \text{ Ом}$ . То есть, расчеты по выражениям (1) и (2) дают близкие результаты.

Важно, что для морской воды и речной воды с примесями (не чистой, какая свойственна горным рекам и озерам, в большинстве своем несудоходным) расчетные значения для сопротивления заземлителя площадью  $0,5 \text{ м}^2$  (не превышают рекомендованной величины  $10 \text{ Ом}$ ).

Конечно, если катер эксплуатируется исключительно в морской воде, то сопротивление растеканию тока соответствует рекомендациям [4] со значительным запасом, и напрашивается возможность уменьшить площадь медного листа-заземлителя. Но, в особенности для маломерного судна, могут возникать эпизоды, когда нужно зайти в пресноводный водоем. При этом электробезопасность экипажа и пассажиров должна остаться на удовлетворительном уровне.

**Вывод.** Таким образом, можно сделать вывод, что минимальная площадь медного листа для заземления судна в [1, 2] выбрана для обеспечения приемлемых значений сопротивления растеканию тока заземлителя для

безопасной эксплуатации электрооборудования судна как в морской, так и в речной воде, и может быть только увеличена, но не уменьшена вне зависимости от того, является ли судно маломерным. Пример размещения заземлителя из листовой меди на транце пластикового катера показан на рис 1.

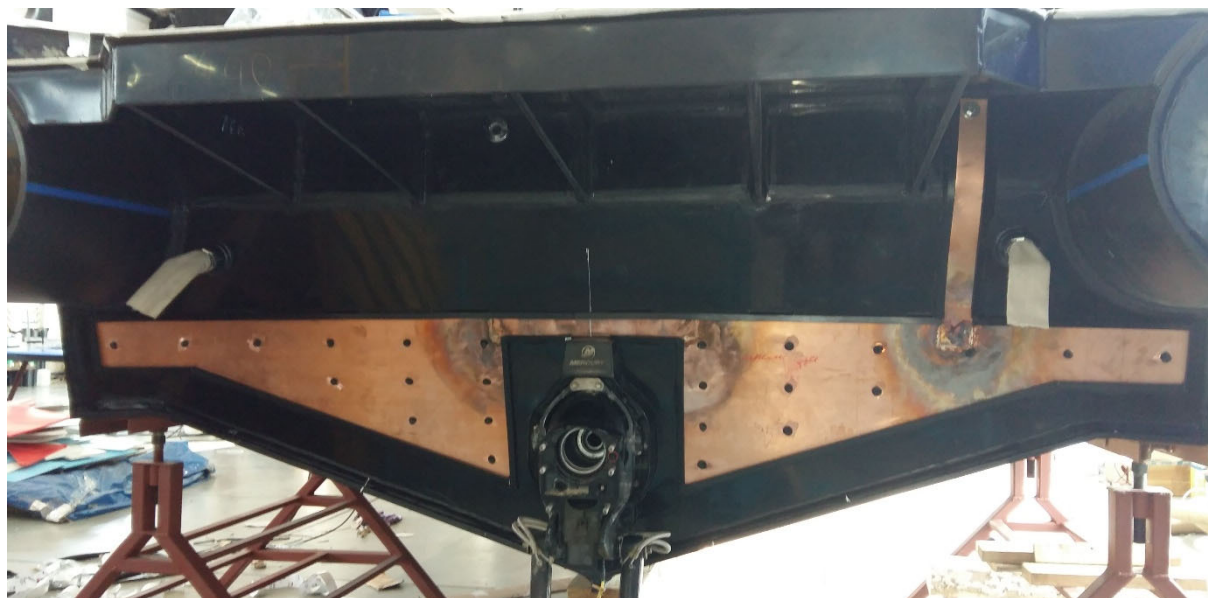


Рисунок 1 – Пример заземлителя из листовой меди на транце пластикового катера

### ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки судов (ПКПС). Российский речной регистр, М.: 2019. - 1501 с.
2. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XI. Электрическое оборудование, С-Пб.: 2019. - 226 с.
3. ГОСТ 24040-80 «Электрооборудование судов. Правила и нормы проектирования и электромонтажа». ИПК Издательство стандартов, М.: 1998, - 26 с.
4. Правил устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Норматика, М.: 2019, - 462 с.
5. Удельное электрическое сопротивление электролитов, жидкостей и расплавов солей / щелочей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dpva.ru/Guide/GuidePhysics/ElectricityAndMagnethism/ElectricalResistanceAndConductivity/ElectricalResisSolventsSalts/>