

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.841.2

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СУДОВОГО КАБЕЛЯ ПРИ СВЕРХТОКАХ

Мокряк Андрей Юрьевич, Сысоева Татьяна Павловна, Мокряк Анна Васильевна
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается проблема пожарной опасности судовых кабелей, возникающей при воздействии на них сверхтоков. В результате серии натуральных экспериментов по моделированию протекания токов от 40 до 480 А с шагом 30 А в кабеле марки СПОВ 3×1,5 были получены данные о характере термической деструкции его изоляции и визуальных проявлениях этого процесса. Эксперименты выполнялись на электротехническом стенде. Было уделено внимание пожароопасным процессам тепловыделения в судовом кабеле при протекании токов выше длительно допустимых. Проанализированы явления, которые, в зависимости от токов нагрузки, могут приводить к возникновению, развитию и распространению пожара. На основании экспериментальных данных были построены аппроксимирующие трендовые линии зависимости времени появления визуальных признаков дыма, карбонизации изоляции, горения изоляции от протекающего тока. Посредством видеосъемки на скриншотах в статье продемонстрирован процесс деструкции изоляции при протекании сверхтоков по кабелю СПОВ 3×1,5. Результаты экспериментальных исследований могут быть применены в рамках проведения экспертиз по делам, связанным с пожарами на судах. В частности, они могут быть использованы для анализа электротехнической версии возникновения возгорания на судне. Кроме того, результаты исследования могут оказаться полезными при проектировании и эксплуатации судовых электроустановок, что позволит минимизировать риски возникновения пожароопасной ситуации.

Ключевые слова: судовой кабель СПОВ, сверхток, изоляция из радиационно-модифицированного полиэтилена в оболочке из поливинилхлоридного пластика, термическая деструкция, пожарная опасность, источник зажигания

Для цитирования: Мокряк А. Ю., Сысоева Т. П., Мокряк А. В. Пожарная опасность судового кабеля при сверхтоках // Техносферная безопасность. 2025. № 1 (46). С. 23–36.

FIRE HAZARD OF SHIP CABLES DURING OVERCURRENTS

Andrey Yu. Mokryak, Tatiana P. Sysoeva, Anna V. Mokryak
St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. The article discusses the problem of the fire hazard of ship cables that occurs when they are exposed to overcurrents. Thus, as a result of a series of field experiments on modeling the flow of currents from 40 to 480 A with increments in 30 A in the cable of the SPOV 3×1,5 brand, data are obtained on the nature of thermal degradation of its insulation and visual

manifestations of this process. The experiments are performed on an electrical engineering stand. Attention is paid to fire-hazardous processes of heat generation in a ship cable when currents exceeding long-term permissible values are flowing. The phenomena that, depending on the load currents, can lead to the occurrence, development and spread of fire are analyzed. Based on the experimental data, approximating trend lines of dependence of the time of appearance of visual signs of smoke, carbonation of insulation, insulation burning, on the flowing current are constructed. The article demonstrates the process of insulation destruction during overcurrent flow through the SPOV 3×1,5 cable using video footage and screenshots. The results of the experimental studies can be used in the context of conducting expert examinations of the cases related to fires on ships. In particular, they can be used to analyze the electrical version of the fire on the ship. In addition, the results of the study can be useful in the design and operation of ship electrical installations, which will minimize the risks of fires.

Keywords: SPOV ship cable, overcurrent, radiation-modified polyethylene insulation in a polyvinyl chloride plastic shell, thermal destruction, fire hazard, ignition source

For Citation: Mokryak A. Yu., Sysoeva T. P., Mokryak A. V. Fire hazard of ship cable at overcurrents // Technospheric Safety. 2025. № 1 (46). pp. 23–36.

Введение

В настоящее время в РФ наблюдается активное развитие судостроительной отрасли, охватывающей как морской и речной флот, так и береговые и плавучие сооружения. Это обусловлено как военно-политической ситуацией, учитывая значительную протяженность береговой линии РФ, составляющую 60 985 км [1, 2], так и необходимостью развития танкерного флота.

Залогом успешной эксплуатации флота является обеспечение его пожарной безопасности [3, 4]. Исправные судовые электрические системы являются критически важным элементом функционирования и надежности морских судов, где каждый компонент должен соответствовать строгим требованиям к устойчивости в условиях агрессивной морской среды. Особое внимание в последние годы уделяется проблеме пожарной опасности, связанной с эксплуатацией судовых кабелей [5, 6], поскольку их отказ может привести к катастрофическим последствиям, включая человеческие жертвы, экологический ущерб и значительные материальные потери. В связи с этим кабели марки СПОВ, широко применяемые в судостроении благодаря их огнестойким и маслозащищенным характеристикам, требуют детального изучения в условиях аварийных режимов, таких как, например, протекание сверхтоков.

Актуальность исследования обусловлена тем, что сверхтоки, возникающие вследствие коротких замыканий, перегрузок или неисправностей оборудования, становятся одной из ключевых причин перегрева кабелей, деградации изоляции и последующего возгорания [7–9]. Несмотря на заявленную огнестойкость СПОВ, их поведение при длительном воздействии токов, превышающих номинальные значения, остается недостаточно изученным. Существующие нормативные документы и стандарты ре-

Актуальность исследования обусловлена тем, что сверхтоки, возникающие вследствие коротких замыканий, перегрузок или неисправностей оборудования, становятся одной из ключевых причин перегрева кабелей, деградации изоляции и последующего возгорания [7–9]. Несмотря на заявленную огнестойкость СПОВ, их поведение при длительном воздействии токов, превышающих номинальные значения, остается недостаточно изученным. Существующие нормативные документы и стандарты ре-

гламентируют общие параметры пожарной безопасности, однако специфика тепловых процессов в кабелях СПОВ при аварийных режимах требует дополнительного экспериментального и аналитического исследования [10].

Кроме того, рост мощности судового электрооборудования и увеличение плотности прокладки кабельных трасс повышают риски локальных перегревов, что усиливает необходимость прогнозирования критических сценариев. Отсутствие систематических данных о температурной динамике, времени до воспламенения изоляции и условиях распространения пламени ограничивает возможность разработки эффективных превентивных мер.

Целью работы является оценка пожарной опасности судового кабеля марки СПОВ при протекании по нему токов, превышающих длительно допустимые значения, с точки зрения термической деградации изоляционных материалов и формирования условий

для возгорания. Проведенное исследование вносит вклад в решение актуальной задачи предотвращения аварийных ситуаций в целях устойчивого развития международных стандартов морской индустрии.

Методика проведения эксперимента

Проведение эксперимента осуществлялось на электротехническом стенде, сконструированном на базе Исследовательского центра экспертизы пожаров [11]. Конструктивно электротехнический стенд состоит из основной рабочей камеры со стальным корпусом и прозрачным жаропрочным стеклом в створке для визуального наблюдения за ходом эксперимента, а также трансформатором, блоком балластных резисторов, блоком регистрации тока и панели коммутации (рис. 1). Система вентиляция служит для оперативного удаления газообразных продуктов сгорания после проведения эксперимента с каждым образцом.

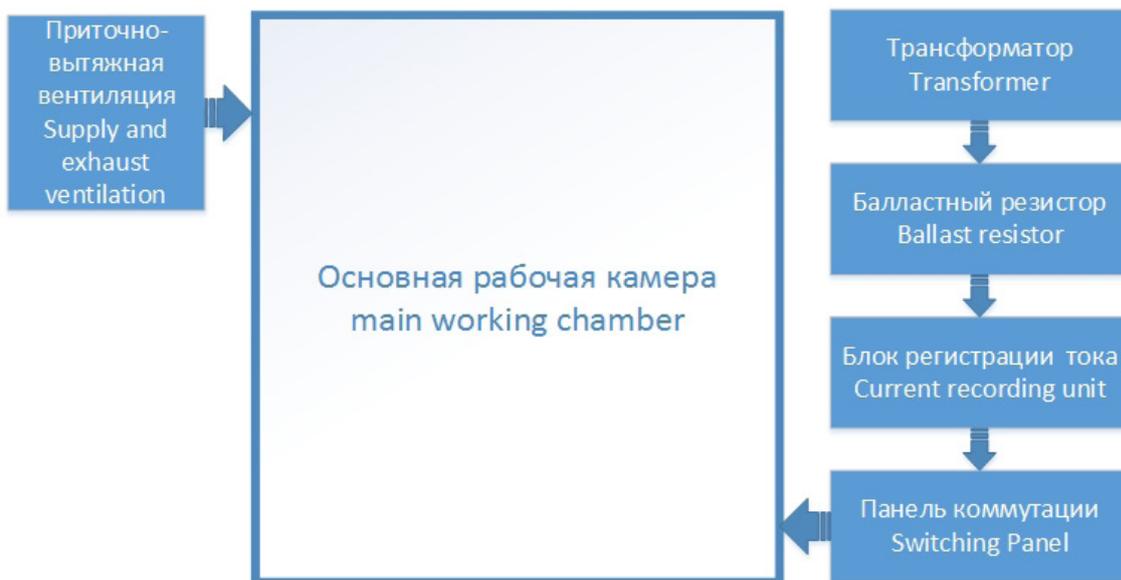


Рис. 1. Структурная схема электротехнического стенда для экспериментального моделирования протекания сверхтоков по проводникам

Fig. 1. Block diagram of an electrical engineering stand for experimental modeling the flow of overcurrents through conductors

В качестве объекта исследования в работе был выбран трехжильный кабель марки СПОВ 3×1,5 (рис. 2). Кабель предназначен для универсального применения в силовых цепях, цепях управления и сигнализации при переменном напряжении до 690 В частотой тока до 400 Гц или при постоянном напряжении до 1 000 В на судах морского флота неограниченного района плавания, речного флота, береговых и плавучих сооружениях.

Кабели марки СПОВ предназначены для эксплуатации при температуре окружа-

ющей среды от –50 до +65 °С. В их конструкции содержатся медные многопроволочные жилы с изоляцией из радиационно-модифицированного полиэтилена в оболочке из поливинилхлоридного пластика.

Схема проведения эксперимента приведена на рис. 3.

Электротехнический стенд позволяет, в частности, моделировать протекание по токоведущим проводникам токов до 1 000 А [11]. Геометрические размеры электрического стенда дают возможность поместить в него проводник длиной не более 0,6 м. Исходя из этого



Рис. 2. Кабель СПОВ 3×1,5: а — токоведущие жилы кабеля; б — вид с торца в разрезе
 Fig. 2. Cable SPOV 3×1,5: a — current-carrying cores of the cable; b — cross-section view from the end

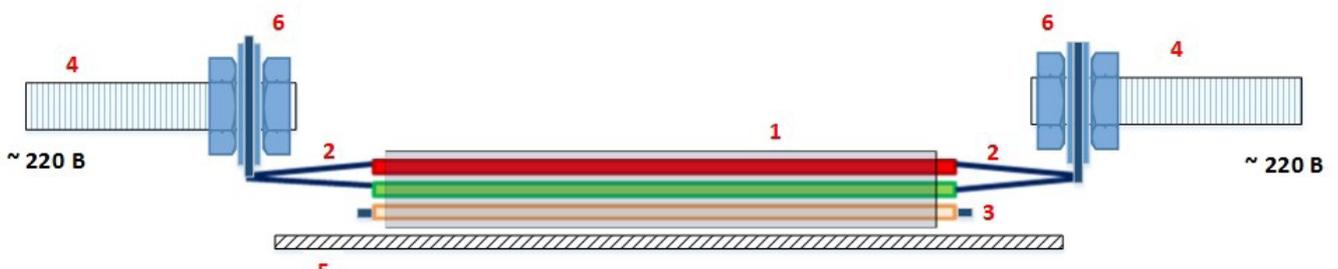


Рис. 3. Схема подключения образца кабеля СПОВ к электропитанию в электротехническом стенде:
 1 — внешняя изоляция кабеля; 2 — скрученные жилы кабеля, подключенные к электропитанию;
 3 — жила кабеля, не подключенная к электропитанию; 4 — скрученные медные многопроволочные проводники, на которые осуществлялась подача электропитания; 5 — асбестовая подложка; 6 — болтовые контакты;
 7 — латунная шпилька диаметром 8 мм с резьбой

Fig. 3. Wiring diagram of the SPOV cable sample to the power supply in the electrical engineering stand:
 1 — external cable insulation; 2 — twisted cable cores connected to the power supply;
 3 — cable core not connected to the power supply; 4 — twisted copper multi-wire conductors that were supplied with power; 5 — asbestos substrate; 6 — bolt contacts; 7 — 8 mm diameter brass stud with thread

ограничения были подготовлены образцы длиной примерно 0,6 м. С обоих концов образцов кабеля снимался верхний слой изоляции длиной около 5 см, а также была удалена изоляция жил красного и зеленого цвета длиной около 2 см. Зачищенные от изоляции участки жил соединяли друг с другом методом холодной скрутки. Третья жила с прозрачной изоляцией в электрическую цепь не подключалась. Кабель в нижней части имел провис, поддерживаемый снизу асбестовой подложкой.

Для определения характера термической деструкции изоляции электропроводов при протекании по ним сверхтока на 16 образцов кабеля СПОВ 3×1,5 подвали следующие токи: 40, 50, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480 А. Согласно ТУ 16-505.301-81 «Кабели судовые с изоляцией из облученного полиэтилена», длительно допустимый ток кабеля СПОВ 3×1,5 — 16,7 А. Указанные значения токов соответствуют примерной кратности сверхтоков от 2 до 16 крат и охватывают возможный диапазон их появления при токовой перегрузке или коротком замыкании в электрооборудовании.

Подготовленный образец кабеля фиксировался оголенными скрученными концами через болтовые контактные соединения в рабочей камере электротехнического

стенда (рис. 3). Снизу кабель поддерживался асбестовой подложкой. На образец подавался переменный ток напряжением 220 В частотой 50 Гц.

Длительность воздействия тока составляла 30 мин. Эксперимент прекращался раньше отведенного времени в случае разделения кабеля на части (если таковое имело место) посредством нагрева выше температуры плавления меди на локальном участке при протекании сверхтока.

В ходе эксперимента осуществлялась видеосъемка процесса, фиксирующая признаки термической деструкции изоляции, а именно появление дыма, видимой карбонизации наружной изоляции кабеля и пламенного горения. Также фиксировалось время их появления.

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенных экспериментов отражены на рис. 4 и в таблице. Так, на рис. 4 продемонстрированы скриншоты видеозаписи, выполненные на различных временных отрезках экспериментов.

Результаты эксперимента приведены в таблице, где описаны процессы термической деструкции изоляции кабеля СПОВ, которые наблюдались в ходе эксперимента.



40, 50, 60 А, 26 мин



90 А, 26 мин



120 А, 25 мин



150 А, 10 мин



180 А, 4 мин



210 А, 1 мин 11 с



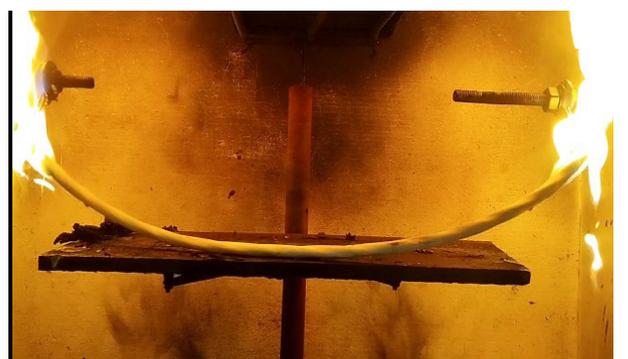
240 А, 2 мин 42 с



270 А, 33 с



300 А, 1 мин 20 с



330 А, 5 с 360 А, 9 с

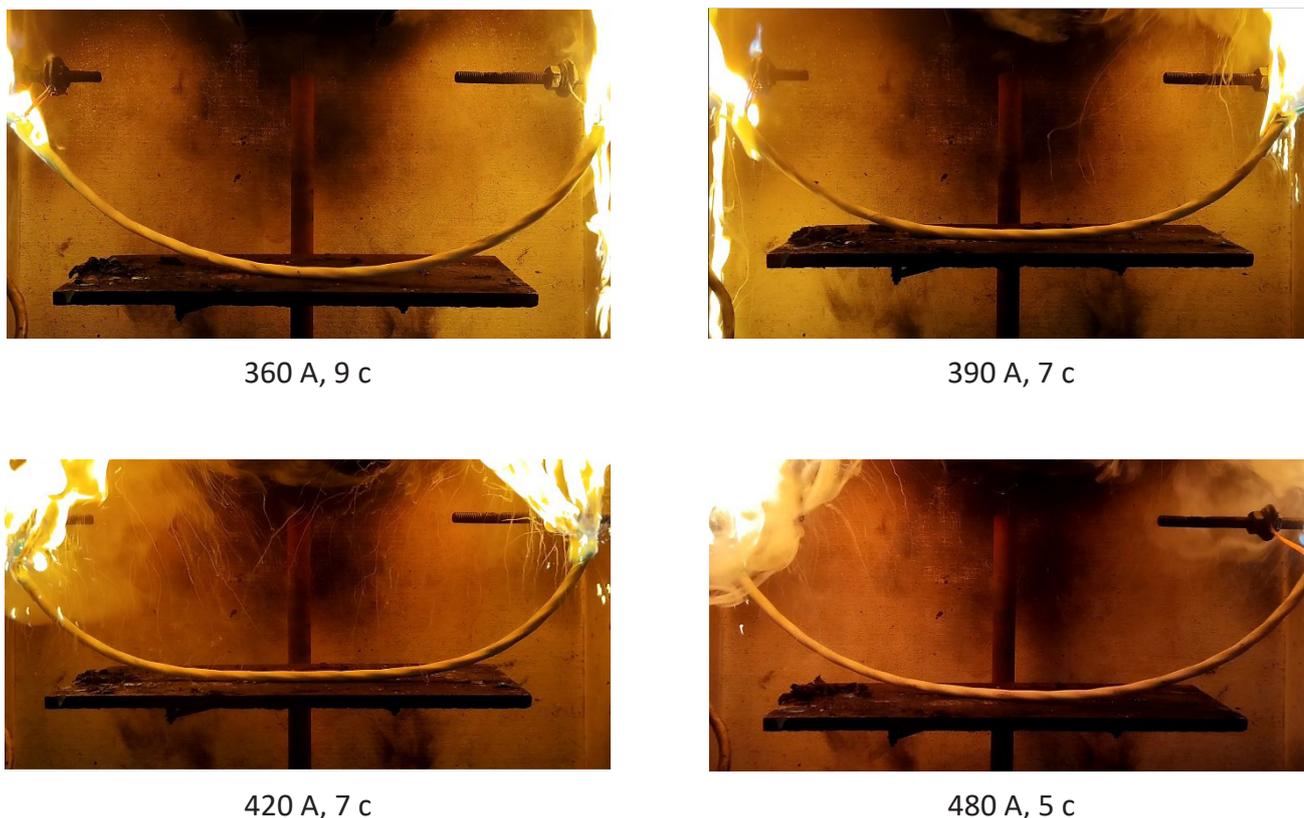


Рис. 4. Термическая деструкция изоляции кабеля СПОВ 3×1,5 при протекании по нему различных сверхтоков. Указано время от момента начала подачи
 Fig. 4. Thermal destruction of the insulation of the SPOV 3×1,5 cable when various overcurrents flow through it. The time from the start of submission is indicated

Таблица
Визуально наблюдаемые термические поражения изоляции
кабеля СПОВ 3×1,5 при протекании сверхтоков
Table
Visually observed thermal damage to the insulation
of the SPOV 3×1,5 cable during overcurrent

Ток, А Current, A	Описание характера термических поражений изоляции The description of the nature of thermal damage to insulation
40, 50, 60	визуально признаков термических поражений изоляции не наблюдается visually, there are no signs of thermal damage to the insulation
90	дымовыделение слабое, карбонизация изоляции не наблюдается smoke emission is weak, carbonation of insulation is not observed
120, 150, 180	дымовыделение сильное, карбонизация изоляции по всей длине кабеля strong smoke generation, carbonation of insulation along the entire length of the cable

Продолжение таблицы

Ток, А Current, A	<p style="text-align: center;">Описание характера термических поражений изоляции The description of the nature of thermal damage to insulation</p>
210	<p>дымовыделение сильное, горение изоляции на концевом оголенном участке кабеля, на этом же участке наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 3 мин 5 с прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении the smoke emission is strong, the insulation is burning at the end of the exposed section of the cable, dripping fragments of burning insulation are observed in the same section, after 3 min. 5 sec. cessation of flame burning, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction</p>
240	<p>дымовыделение сильное, горение изоляции на концевом оголенном участке кабеля, на этом же участке наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 2 мин прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении the smoke emission is strong, the insulation is burning at the end of the exposed section of the cable, dripping fragments of burning insulation are observed in the same section, after 2 min. the flame burning stops, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame propagation in the horizontal direction</p>
270	<p>дымовыделение сильное, горение изоляции на концевом оголенном участке кабеля, на этом же участке наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 2 мин 30 с прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении the smoke emission is strong, the insulation is burning at the end of the exposed section of the cable, dripping fragments of burning insulation are observed in the same section, after 2 min. 30 sec. cessation of flame burning, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction</p>
300	<p>дымовыделение сильное, горение изоляции на двух оголенных участках кабеля с большей площадью распространения (по сравнению с предыдущими экспериментами), на этих же участках наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 3 мин 30 с прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении the smoke emission is strong, the insulation burns in two exposed sections of the cable with a larger area (compared to previous experiments), dripping fragments of burning insulation are observed in the same sections, after 3 min. 30 sec. cessation of flame burning, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction</p>
330	<p>дымовыделение сильное, горение изоляции на двух оголенных участках кабеля с большей площадью распространения (по сравнению с предыдущими экспериментами), на этих же участках наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 2 мин 10 с прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении the smoke emission is strong, the insulation burns in two exposed sections of the cable with a larger distribution area (compared to previous experiments), dripping fragments of burning insulation are observed in the same sections, after 2 min. 10 sec. cessation of flame burning, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction</p>
360	<p>дымовыделение сильное, горение изоляции на двух оголенных участках кабеля с большей площадью распространения (по сравнению с предыдущими экспериментами), на этих же участках наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 2 мин. прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении smoke generation is strong, insulation burning in two exposed sections of the cable with a larger area (compared to previous experiments), dripping fragments of burning insulation are observed in the same area, after 2 minutes the flame burning stops, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction</p>

Окончение таблицы

Ток, А Current, A	Описание характера термических поражений изоляции The description of the nature of thermal damage to insulation
390	дымовыделение сильное, горение изоляции на двух оголенных участках кабеля с большей площадью распространения (по сравнению с предыдущими экспериментами), на этих же участках наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 1 мин 55 с прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении the smoke emission is strong, the insulation burns in two exposed sections of the cable with a larger area (compared to previous experiments), dripping fragments of burning insulation are observed in the same sections, after 1 min. 55 sec. cessation of flame burning, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction
420	дымовыделение сильное, горение изоляции на двух оголенных участках кабеля с большей площадью распространения (по сравнению с предыдущими экспериментами), на этих же участках наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 1 мин 50 с прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении the smoke emission is strong, the insulation burns in two exposed sections of the cable with a larger area (compared to previous experiments), dripping fragments of burning insulation are observed in the same sections, after 1 min. 50 sec. cessation of flame burning, there is no flame burning on the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction
480	дымовыделение сильное, горение изоляции на двух оголенных участках кабеля с большей площадью распространения (по сравнению с предыдущими экспериментами), на этих же участках наблюдаются капающие фрагменты горячей изоляции, через 1 мин прекращение пламенного горения, на центральной части кабеля пламенное горение отсутствует, отсутствует распространение пламени в горизонтальном направлении smoke generation is strong, insulation burning in two exposed sections of the cable with a larger area (compared to previous experiments), dripping fragments of burning insulation are observed in the same sections, after 1 min. there is no flame burning in the central part of the cable, there is no flame spreading in the horizontal direction

Анализируя визуальные наблюдения в ходе экспериментов по протеканию сверхтоков в кабеле СПОВ 3×1,5, можно сделать следующие выводы относительно характера термической деструкции его изоляции и явлений, которые сопровождали этот процесс.

При токах 40, 50, 90 А отсутствуют признаки термической деструкции изоляции, а также отсутствует ее пламенное горение.

При токах 120, 150, 180 А происходят карбонизация и плавление изоляции, в то же самое время ее пламенное горение отсутствует.

При токах 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480 А возникает пламенное горение изоляции электропроводов только в ме-

стах их присоединения к питающим контактам, при этом происходит падение капель горячей изоляции. Следует отметить, что при этих токах практически отсутствует распространение пламени по изоляции в горизонтальном направлении.

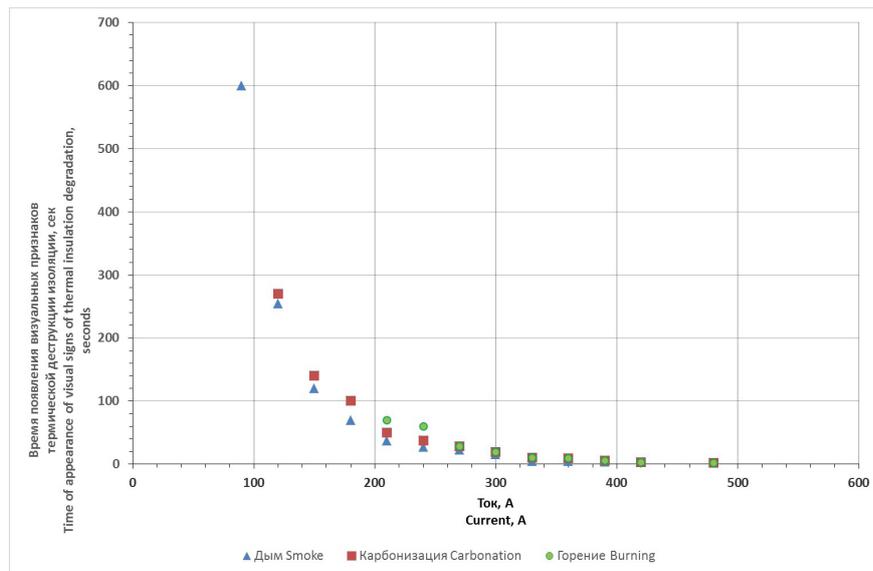
Нагрев жил токами 120, 150, 180, 210, 240, 270 А вызывает постепенную карбонизацию изоляции, что может привести к неполному короткому замыканию, которое ограничивает ток, требуемый для срабатывания автоматических выключателей. Подобная ситуация опасна с точки зрения возникновения, развития и распространения пожара.

Полученные экспериментальные данные, зафиксированные при видеосъемке,

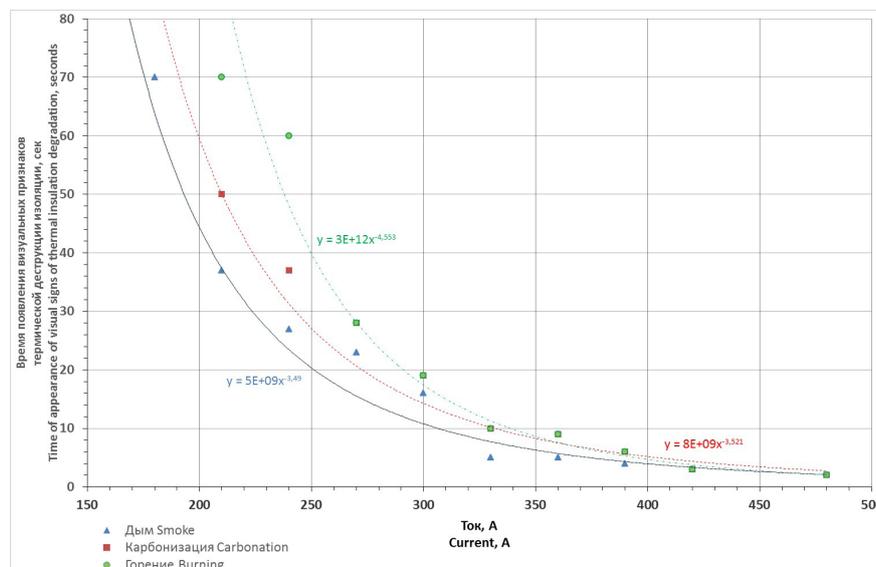
дают основание предполагать, что наибольшая пожарная опасность при протекании сверхтоков по судовому кабелю СПОВ возникает на оголенных участках кабеля, например в зоне контактных соединений. Провоцирующим фактором также может выступать локальный разогрев при переходных сопротивлениях в зоне контакта. Пожарная опасность кабеля СПОВ 3×1,5

может проявляться при токах свыше 210 А вследствие разлета фрагментов горячей полимерной изоляции. Также установлено, что в горизонтальном положении кабеля СПОВ не происходит заметного распространения горения изоляции.

На графике (рис. 5) показаны зависимости времени появления визуальных признаков термической деструкции изоляции от тока.



а



б

Рис. 5. Зависимость времени появления визуальных признаков термической деструкции изоляции от тока: а — полный график; б — участок графика и трендовые линии степенной аппроксимации

Fig. 5. Dependence of the time of appearance of visual signs of thermal insulation degradation on current: а — full plot; б — plot section and power-law approximation trend lines

Ниже приведены степенные аппроксимирующие линии тренда зависимости времени появления различных явлений, зафиксированных в эксперименте, от протекающего тока.

Полученные аппроксимации могут быть использованы при анализе обстоятельств в ходе производства пожарно-технической экспертизы.

Дым:

$$y = 4\,759\,009\,906,2x^{3,5}. \quad (1)$$

Карбонизация изоляции:

$$y = 7\,516\,652\,343,9x^{3,5}. \quad (2)$$

Горение изоляции:

$$y = 3\,304\,791\,920\,910,4x^{4,6}. \quad (3)$$

Заключение

В результате проведенных экспериментов выполнена оценка пожарной опасности кабеля СПОВ 3×1,5 в зависимости от воздействовавших на него сверхтоков.

Прохождение тока через токоведущие жилы в диапазоне от 120 до 270 А вызывает карбонизацию изоляции. Этот процесс способен спровоцировать как возникновение токов утечки, так и аварийный режим неполного короткого замыкания. Возникающий при этом ток, который ограничен сопротивлением карбонизированного слоя, может оказаться недостаточным для выполнения основной функции автоматических выключателей, а именно защитного отключения электрической цепи от коротких замыканий и перегрузок. Подобная ситуация может

привести как к пожару, так и возникновению очагов горения.

Пожарная опасность при протекании сверхтоков по судовому кабелю СПОВ 3×1,5 возникает, в частности, при токах от 210 до 480 А в зоне контактных соединений и обусловлена, во-первых, пламенным горением изоляции, а во-вторых, разлетом ее горящих фрагментов.

Несмотря на то что кабель в условиях эксперимента не поддерживает распространение горения, по крайней мере в горизонтальном положении, его пожарная опасность проявляется на оголенных участках, где есть доступ к изоляции токоведущих жил, которая, в свою очередь, проявляет горючие свойства.

Приведены экспериментальные установленные зависимости времени появления ви-

зуальных признаков термической деструкции изоляции (появление дыма, карбонизация изоляции и ее горение) от тока.

Полученные результаты могут быть использованы при проведении экспертиз по делам

о пожарах на судах, в частности для анализа электротехникой версии причины возгорания, а также для проектирования и эксплуатации судовых электроустановок с целью минимизации рисков возникновения пожаров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Моря, омывающие территорию России // Национальный Атлас России : сайт. URL: <https://nationalatlas.ru/tom2/244.html> (дата обращения: 29.01.2025).
2. Филатов Н. Н. Озера России — диагноз и прогноз состояния экосистем при климатических и антропогенных воздействиях : отчет о НИР № 17-17-00037. Российский научный фонд. 2018.
3. Еськин Н. В., Кочетов В. Д. Анализ деятельности общественных организаций, осуществляющих деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах // Проблемы и пути совершенствования проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций : сб. тр. XXXIII Междунар. науч.-практ. конф. Химки, 2024. С. 53–59.
4. Ayçi T., Barlas B., Ölçer A. Fire safety analysis onboard passenger ships by using fire dynamics simulations: case study of a turkish domestic passenger ship // Journal of ETA Maritime Science. 2024. № 12 (2). pp. 224–236.
5. Мокряк А. В. Основные причины пожаров и взрывов на морских судах // Modern Science. 2022. № 1–2. С. 395–397.
6. Bogalecka M. Fires as a cause of ship accidents — a statistical approach // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2015. Т. 37, № 1. pp. 171–180.
7. Сыроева Т. П., Кухарев А. А., Калач А. В. Комплексная методика исследования металлов и сплавов с целью установления условий и причин пожаров на маломерных судах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2 (54). С. 116–125.
8. Долголенко В. Т., Ермолин Ю. Г., Пискунов С. М. Современные судовые кабели // Кабели и провода. 2021. № 4 (390). С. 25–31.
9. Burkov A. F., Mikhanoshin V. V., Van Ha N. Investigation of the qualitative characteristics of marine cable products // Russian Electrical Engineering. 2024. Т. 95, № 7. pp. 569–573.
10. Смелков Г. И. Пожарная безопасность электропроводок. М. : КАБЕЛЬ, 2009. 328 с.
11. Смелков Г. И., Чешко И. Д., Плотников В. Г. Экспериментальное моделирование пожароопасных аварийных режимов в электрических проводах // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2017. № 3. С. 121–128.

REFERENCES

1. Seas washing the territory of Russia // National Atlas of Russia : website. URL: <https://nationalatlas.ru/tom2/244.html> (date of application: 29.01.2025).

2. Filatov N. N. Lakes of Russia — diagnosis and forecast of ecosystems state under climatic and anthropogenic impacts : research Report № 17-17-00037. Russian Science Foundation. 2018.
3. Yeskin N. V., Kochetov V. D. Analysis of the activity of public organizations engaged in the protection of population and territories from emergencies, fire safety and safety of people on water bodies // Problems and ways to improve emergency rescue work in the elimination of emergency situations : proceedings of the XXXIII Intern. scientific-practical conf. Khimki, 2024. pp. 53–59.
4. Ayçi T., Barlas B., Ölçer A. Fire safety analysis onboard passenger ships by using fire dynamics simulations: case study of a turkish domestic passenger ship // Journal of ETA Maritime Science. 2024. № 12 (2). pp. 224–236.
5. Mokryak A. V. Main causes of fires and explosions on board the sea-going ships // Modern Science. 2022. № 1–2. С. 395–397.
6. Bogalecka M. Fires as a cause of ship accidents — a statistical approach // Bezpieczenstwo i Technika Pożarnicza. 2015. T. 37, № 1. pp. 171–180.
7. Sysoeva T. P., Kukharev A. A., Kalach A. V. Complex methodology of metals and alloys research in order to establish the conditions and causes of fires on small vessels // Problems of risk management in technosphere. 2020. № 2 (54). pp. 116–125.
8. Dolgolenko V. T., Ermolin Yu. G., Piskunov S. M. Modern ship cables // Cables and wires. 2021. № 4 (390). pp. 25–31.
9. Burkov A. F., Mikhanoshin V. V., Van Ha N. Investigation of the qualitative characteristics of marine cable products // Russian Electrical Engineering. 2024. T. 95, № 7. pp. 569–573.
10. Smelkov G. I. Fire safety of electrical wiring. M. : CABLE, 2009. 328 p.
11. Smelkov G. I., Cheshko I. D., Plotnikov V. G. Experimental modeling of fire hazardous emergency modes in electrical wires // Bulletin of St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2017. № 3. pp. 121–128.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мокряк Андрей Юрьевич, канд. техн. наук, начальник отдела экспертизы пожаров и организации подготовки экспертов исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, 149); SPIN-код: 2339-7366; AuthorID: 817195; e-mail: mokand7@mail.ru

Сысоева Татьяна Павловна, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, 149); РИНЦ ID: 3683-2066; Scopus Author ID: 57216502671; Researcher ID: AAE-9733-2022; ORCID: 0000-0003-0230-465; e-mail: syisik@mail.ru

Мокряк Анна Васильевна, научный сотрудник исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Российская Федерация,

г. Санкт-Петербург, Московский проспект, 149); SPIN-код: 8987-0146; Author ID: 984582; e-mail: mokryakanna@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andrey Y. Mokryak, Cand. Sci. (Eng.), Head of the Department of Fire Expertise and Organization of Expert Training at the Research Center for Fire Expertise St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (149 Moskovsky Prospekt, St. Petersburg, 196105, Russian Federation); SPIN-code: 2339-7366; Author ID: 817195; e-mail: mokand7@mail.ru

Tatyana P. Sysoeva, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Senior Research Fellow at the Research Center for Fire Expertise St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (149 Moskovsky Prospekt, St. Petersburg, 196105, Russian Federation); RSCI ID: 3683-2066; Scopus Author ID: 57216502671; Researcher ID: AAE-9733-2022; ORCID: 0000-0003-0230-465; e-mail: syisik@mail.ru

Anna V. Mokryak is a research fellow at the Research Center for Fire Expertise St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (149 Moskovsky Prospekt, St. Petersburg, 196105, Russian Federation); SPIN-code: 8987-0146; Author ID: 984582; e-mail: mokryakanna@mail.ru

Поступила в редакцию 11.02.2025
Одобрено после рецензирования 19.02.2025
Принята к публикации 14.03.2025