

УДК 614.84

mansurovtx@rambler.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАБЕЛЬНОГО ИЗДЕЛИЯ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ
ПОКРЫТИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ СТАНДАРТНОГО ПОЖАРА**

**STUDY OF CABLE PRODUCTS WITH FIRE-PROTECTIVE COATINGS
OF DIFFERENT CHEMICAL NATURE UNDER STANDARD FIRE TEMPERATURE**

*Мансуров Т. Х.,
Беззапонная О. В., кандидат технических наук, доцент,
Головина Е. В., кандидат технических наук,
Сафронова И. Г., кандидат педагогических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Mansurov T. H., Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V., Safronova I. G.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе представлены результаты исследования фрагментов кабельного изделия марки АВВГнг (мс) 4х95 в вертикальном и горизонтальном положениях с нанесенными огнезащитными покрытиями различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что применение огнезащитных кабельных покрытий различной химической природы позволяет увеличить до двух раз время достижения критических температур кабеля при температурном режиме стандартного пожара вне зависимости от расположения образцов кабеля, а также добиться снижения тепловых эффектов на начальной стадии испытаний, обусловленных горением ПВХ-пластикатов. Выявленные в ходе экспериментов эффекты повышенного дымообразования и снижения температуры испытательной установки вследствие начала термодеструкции ПВХ-пластиката, разбавления и флегматизации горючей смеси пропан-бутана с воздухом галогенсодержащими соединениями наблюдались и при нанесении огнезащитного состава на кабель, но при более высоких температурах в испытательной установке. Определены задачи дальнейших исследований огнезащитных кабельных покрытий различной химической природы.

Ключевые слова: огнезащитные кабельные покрытия, кабельные изделия, ПВХ-пластикаты, пенококс, огнезащитная эффективность, натурные огневые испытания, испытательная установка, температурный режим стандартного пожара.

The paper presents the results of a study of fragments of a cable product of the AVVGng (ms) 4x95 brand in vertical and horizontal positions with applied flame retardant coatings of various chemical nature at the temperature regime of a standard fire.

According to the results of experimental studies, it was found that the use of fire-retardant cable coatings of various chemical natures makes it possible to increase the time to reach the critical temperatures of the cable at the temperature regime of a standard fire by up to two times, regardless of the location of the cable samples, and also to reduce the thermal effects at the initial stage of testing due to PVC combustion. The effects of increased smoke generation and a decrease in the temperature of the test setup revealed in the course of the experiments due to the onset of thermal degradation of PVC-compound, dilution and

phlegmatization of a combustible mixture of propane-butane with air with halogen-containing compounds were also observed when a fire retardant was applied to the cable, but at higher temperatures in the test setup. The tasks of further research of fire retardant cable coatings of various chemical nature are determined.

Keywords: fire retardant cable coatings, cable products, PVC compounds, foam, fire retardant efficiency, full-scale fire tests, test setup, standard fire temperature.

Введение

Применение огнезащитных покрытий в качестве средства повышения пожарной безопасности кабельных изделий позволяет снижать распространение пламени и уменьшать термическое воздействие на кабельные линии с увеличением времени работоспособности электрических цепей кабельного изделия в случае пожара.

Огнезащитный интумесцентный состав, нанесенный на поверхность кабельного изделия (КИ) и полимеризованный в соответствии с техническими условиями производителя, образует огнезащитное кабельное покрытие (ОКП), предохраняющее КИ от термического воздействия. Разнообразие представленных на рынке ОКП, в зависимости от решаемых задач по огнезащите, позволяет применять составы на водной основе, на основе низкомолекулярного каучука или органического растворителя. Применение ОКП на различных связующих расширяет возможности для их использования, но вместе с этим оставляет открытым вопрос огнезащитной эффективности данных покрытий при возникновении реального пожара. Определение огнезащитной эффективности ОКП в Российской Федерации осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 53311 [1], однако ряд вопросов, затронутых в работах [2, 3], актуализирует проведение исследований ОКП методом натуральных огневых испытаний при температурном режиме стандартного пожара в соответствии с ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75) [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Для этих целей была разработана и изготовлена испытательная установка проведения натуральных огневых испытаний фрагментов кабельных изделий с ОКП [3].

Установка представляет собой металлический каркас, в котором размещена кладка из шамотного кирпича марки ШБ-5, скрепленная мастикой марки МТ-Р. Внутренние размеры установки 400x400x1050 мм. С целью расширения спектра экспериментов реализована возможность изменения положения испытательной установки в пространстве на угол от 0° до 90°. Создание температурного режима стандартного пожара осуществляется сжиганием топливных сжиженных углеводородных газов марки пропан-бутан автомобильный (ПБА) по ГОСТ Р 52087–2018 [5], подача которых реализуется через инжекционные газовые горелки в количестве двух штук (диаметр смесителя 40 мм, подающее газовое сопло диаметром 1,8 мм) [6]. Для измерения и регулирования температуры в соответствии с температурно-временной кривой стандартного пожара в объеме испытательной установки размещены термопары платинородий-платина (ТПП) S-типа (длина L=225 мм, корпус – корундовая трубка диаметром 8 мм) в количестве двух штук. Измерение температуры в объеме кабеля и на его поверхности производится термопарами хромель-алюмель (ТХА) типа К (длина L=500 мм, корпус из нержавеющей стали диаметром 3 мм) в количестве четырех штук. Все термопары подключены к восьмиканальному измерителю-регулятору ТРМ138 марки ОВЕН, который передает полученные данные на персональный компьютер в SCADA-систему SimpLight FREE 32 при помощи последовательной линии связи RS-485 (протокол Modbus-RTU). Передача данных в SCADA-систему необходима для их выведения на экране компьютера в режиме реального времени и последующей обработки. Экспериментальная установка для проведения натуральных огне-

вых испытаний кабельных изделий с нанесенным ОКП при температурном режиме

стандартного пожара, представлено на фото (рис. 1).



Рисунок 1. Испытательная установка для проведения натуральных огневых испытаний кабельных изделий с нанесенным ОКП при температурном режиме стандартного пожара

Температурно-временная кривая стандартного режима пожара по [4], а также результаты серии испытаний с объемом

выборки $n=4$ по выведению испытательной установки на режим стандартного пожара приведены в таблице 1.

Таблица 1
Температурные режимы стандартного пожара по [4] и испытательной установки по результатам серии испытаний

Температурный режим	Значение температуры на момент времени, °С									
	0 мин	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин	30 мин
ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75)	20,0	349,2	444,5	502,3	543,9	576,4	678,4	738,6	781,4	841,8
Испытательная установка	20,5	304,7	485,5	533,8	556,4	564,2	676,8	742,3	788,8	843,0

Проведение статистической обработки экспериментальных данных позволило установить, что логарифмическая функция $y = 145,71 \ln(x) + 347,06$ удовлетво-

рительно описывает кривую температурного режима внутри испытательной установки с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2=0,994$ (рисунок 2). Температур-

ный режим пожара в испытательной установке не превышал допустимых отклоне-

ний от значений, указанных в [4].

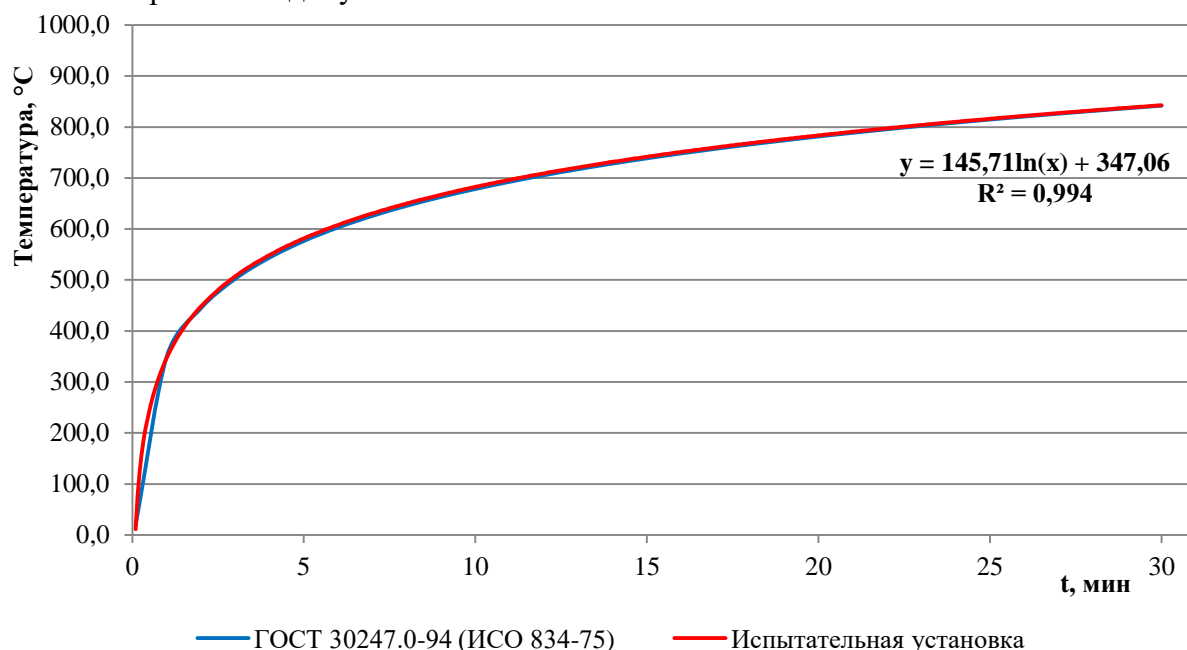


Рисунок 2. Температурно-временные кривые стандартного режима пожара по [4] и режима пожара, полученного в испытательной установке

В качестве кабельного изделия для нанесения ОКП был использован четырехжильный кабель марки АВВГнг(мс) 4х95 с алюминиевыми секторными многопроволочными жилами, с изоляцией и оболочкой из ПВХ-пластиката, не распространяющего горение, без брони и наружного покрова с сечением каждой жилы 95 кв. мм. Этот вид кабеля был выбран ввиду конструктивных особенностей, позволяющих размещать термопары без нарушения целостности элементов кабельного изделия.

Подготовка к нанесению ОКП на кабель, нанесение и достижение полной полимеризации состава осуществлялись в соответствии с техническими условиями завода-изготовителя. В качестве огнезащитных кабельных покрытий использовался один состав на водной основе и один состав на основе органического растворителя.

Для получения контрольных (отсчетных) значений температуры прогрева кабеля были проведены огневые испытания КИ без ОКП в различных пространственных положениях (вертикальное, горизонтальное), которые, в последующем, будут

использоваться для оценки эффективности работы каждого огнезащитного кабельного покрытия. Под прогревом кабельного изделия понимается рост температуры в объеме КИ до значений близких к критическим, полученным исходя из анализа работы [7] и нормативных документов [8, 9]. Принято допущение, что термопара, размещенная в центре кабельного изделия, измеряет температуру всей площади сечения кабеля в месте размещения.

Авторами работы [7] эмпирическим путем было определено значение температуры разрушения ПВХ изоляции кабеля, равное 139 °C. В соответствии с п.1.4.16 действующей редакции Правил устройства электроустановок [8] температура нагрева жил кабеля с ПВХ изоляцией при коротком замыкании должна быть не выше 150 °C, что при срабатывании аппаратов защиты гарантирует сохранность электроизоляционных свойств ПВХ-пластиката. В таблице 18 [9] указаны допустимые температуры нагрева токопроводящих жил кабеля. Так, в частности, предельная температура при коротком замыкании с сохранением электро-

изоляционных свойств ПВХ-пластиката составляет 160 °С [9]. По условию невозгорания при коротком замыкании, нагрев жилы до температуры 350 °С гарантированно не вызывает воспламенения ПВХ-пластиката, при этом кабель выходит из строя. В связи с этим в качестве критических значений температуры будут использоваться значе-

ния 150 °С [8] и 350 °С [9], наступление которых характеризует переход КИ в аварийный режим и выход из строя.

Размещение термопар на КИ представлено на рисунке 3. Размещение кабеля в испытательной установке представлено на рисунке 4.



Рисунок 3. Размещение термопар на кабельном изделии



Рисунок 4. Размещение кабельного изделия с термопарами в испытательной установке

Значения температур прогрева кабеля без ОКП по результатам испытаний в различных пространственных положениях представлены в таблице 2.

Таблица 2

Температуры прогрева кабеля без ОКП в различных пространственных положениях

Положение в пространстве	Место измерения	Значение температуры на момент времени, °С									
		0 мин	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин	25 мин
Вертикальное	Печь	15,9	333,5	512,4	559,6	537,3	601,8	673,9	735,1	-	-
	Кабель (внутр.)	13,9	14,1	22,1	41,5	63,9	95,0	237,6	436,3	-	-
	Кабель (наруж.)	17,2	275,1	344,2	430,5	465,8	509,8	582,0	644,6	-	-
Горизонтальное	Печь	17,3	296,5	480,2	532,6	552,5	576,7	678,7	778,5	-	-
	Кабель (внутр.)	20,5	23,3	33,5	51,5	72,4	97,5	289,0	645,0	-	-
	Кабель (наруж.)	19,8	320,0	378,1	388,4	404,7	424,3	568,3	699,9	-	-

Примечание: печь – среднее значение показаний двух термопар, расположенных внутри испытательной установки; кабель (внутр.) – среднее значение показаний двух термопар, расположенных внутри кабельного изделия в центре между жилами на одинаковом расстоянии от каждого из концов фрагмента; кабель (наруж.) – среднее значение показаний двух термопар, расположенных снаружи кабельного изделия на одинаковом расстоянии от каждого из концов фрагмента.

Температурно-временные кривые прогрева кабельного изделия без ОКП в различных пространственных положениях представлены на рисунке 4.

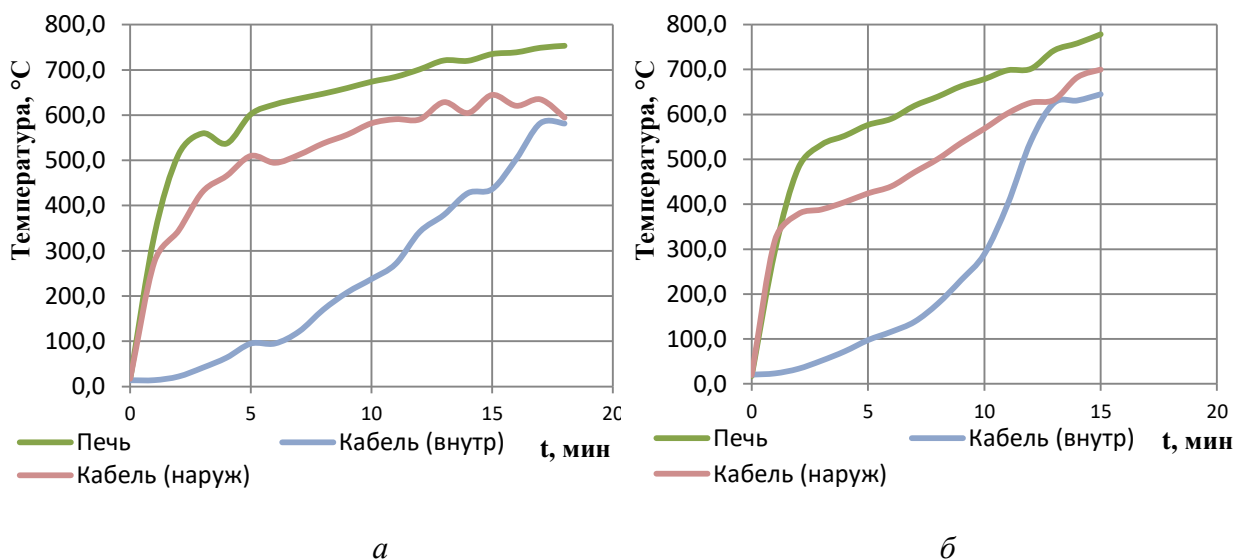


Рисунок 4. Температурно-временные кривые прогрева кабельного изделия без ОКП при проведении огневых испытаний в вертикальном (а) и горизонтальном (б) положении

По результатам огневых испытаний кабеля без ОКП и изучении температурно-временных кривых было установлено, что прогрев КИ до значений близких к 100 °С происходит на пятой минуте испытаний, 150 °С – восьмая минута, 200 °С на 9 мину-

те испытаний, 350 °С – 11–13 минута, а дальнейшее увеличение температуры внутри кабеля носит нарастающий волнообразный характер, более выраженный при горизонтальном расположении КИ в пространстве. Увеличение скорости прогрева КИ

при горизонтальном расположении вызвано провисанием кабеля и появлением разрывов оболочки из ПВХ-пластиката.

Также отмечалось дополнительное повышение температуры в испытательной установке в течение первых трех минут испытаний за счет выделения тепла при горении ПВХ оболочки, отсутствующее при испытаниях кабельных изделий с нанесенными ОКП. При проведении экспериментов было отмечено различие температур в испытательной установке и на поверхности КИ в 100–150 °С, что можно объяснить образованием на поверхности оболочки КИ пенококса ПВХ-пластиката, который частично или полностью покрывает термопары, снижая термическое воздействие на них.

Установлено, что при достижении значений температуры на поверхности КИ 500-550 °С появляется повышенное дымо-

образование, которое при неизменных параметрах работы установки приводит к снижению температуры в печи, предположительно из-за образования большого количества негорючих газов, снижающих концентрацию кислорода за счет эффекта разбавления и флегматизирующего горение. При испытаниях кабеля с нанесенным ОКП, эффект повышенного дымообразования и «остывания» смещался в область более высоких температур в испытательной установке, что можно интерпретировать огнезащитным действием покрытия до момента начала выгорания пенококсого слоя.

На рисунке 5 представлены фрагменты кабельного изделия без ОКП после проведения огневых испытаний в вертикальном (рисунок 5а) и горизонтальном (рисунок 5б) положениях.



а



б

Рисунок 5. Фрагменты кабельного изделия без ОКП после проведения огневых испытаний в вертикальном (а) и горизонтальном (б) положениях

На фото отчетливо видно, что горение кабеля в вертикальном положении происходит значительно интенсивнее, чем в горизонтальном, по количеству образовавшейся сажи на стенках и обуглившемуся веществу, оставшемуся от оболочки и изоляции из ПВХ-пластиката.

В качестве ОКП № 1 применялся состав на основе интеркалированного графита [3]. Внешний вид ОКП № 1, размещение термодар и кабельного изделия с нанесенным ОКП № 1 в испытательной установке представлены на рисунке 6.



Рисунок 6. Фрагмент кабельного изделия с нанесенным ОКП № 1 и его размещение в испытательной установке

Значения температур прогрева кабеля с нанесенным ОКП № 1 по результатам испытаний в различных пространственных положениях представлены в таблице 3.

Таблица 3
Температуры прогрева кабеля с нанесенным ОКП № 1 в различных пространственных положениях

Положение в пространстве	Место измерения	Значение температуры на момент времени, °С									
		0 мин	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин	25 мин
Вертикальное	Печь	40,0	334,7	458,1	490,8	536,1	576,3	676,9	742,9	788,1	819,4
	Кабель (внутр.)	35,3	34,9	38,4	49,4	62,4	72	100,5	189,9	309,5	618,1
	Кабель (наруж.)	35,7	112	165,4	183,2	188,4	201,2	441,7	608	693	722,7
Горизонтальное	Печь	36,8	379,3	534,8	528,3	524,6	583,5	679,1	735,0	792,4	829,5
	Кабель (внутр.)	37,5	36,9	37,5	44,2	55,2	65,4	120,2	190,8	529,3	686,0

	Кабель (наруж.)	37,6	164,3	212,3	254,5	272,8	302,5	444,6	534,7	664,0	725,6
--	--------------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Температурно-временные кривые прогрева кабельного изделия с нанесенным ОКП № 1 в различных пространственных положениях представлены на рисунке 7.

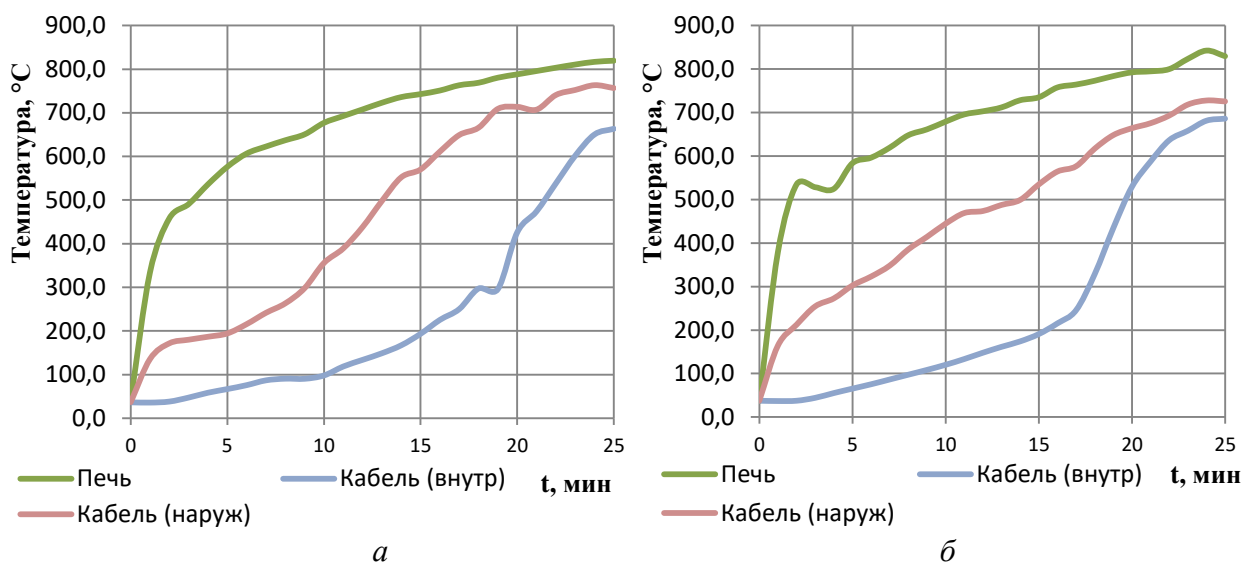


Рисунок 7. Температурно-временные кривые прогрева кабельного изделия с нанесенным ОКП № 1 при проведении огневых испытаний в вертикальном (а) и горизонтальном (б) положениях

Огневые испытания КИ с нанесенным ОКП № 1 и полученные температурно-временные кривые позволили определить, что прогрев КИ до значений около 100 °С происходит на одиннадцатой минуте испытаний, 150 °С – 13–14 минута, 200 °С – на шестнадцатой минуте испытаний, 350 °С – 19–20 минута, дальнейшее увеличение температуры внутри кабеля носит аналогичный характер роста температуры прогрева как и у КИ без ОКП, но смещенный в область более высоких температур в испытательной установке. При достижении значений температуры в испытательной установке 680–700 °С появляется повышенное дымообразование с аналогичными проявлениями, как и у КИ без ОКП. Эффект повышенного дымообразования ОКП № 1 примерно совпадает с температурой начала выгорания связующего, что можно считать температурой начала деградиационных процессов в пенококсовом слое и прогревом КИ до значений температур, способствующих повышенно-

му дымогазовыделению из ПВХ-пластиката с потерей его изоляционных свойств.

Интересным является тот факт, что температура на границе ОКП № 1 – оболочка КИ в первые 5 минут эксперимента составляет 200–300 °С по сравнению с температурой оболочки КИ без ОКП – 420–500 °С за это же время, т.е. ОКП № 1 обеспечивает снижение термического воздействия до 2,5 раз за счёт эффективной «работы» огнезащитного покрытия. Пенококк, образовавшийся на поверхности КИ в результате фазовых превращений, происходящих в огнезащитном покрытии под воздействием высоких температур, создает физический барьер между защищаемым КИ и средой печи.

Кривая температуры прогрева кабеля с ОКП № 1 вне зависимости от пространственного положения имеет более пологий вид в сравнении с КИ без ОКП и наглядно демонстрирует увеличение времени прогрева кабеля с нанесенным ОКП № 1 в два раза по сравнению с КИ без

ОКП, что свидетельствует об эффективности применяемого ОКП № 1.

На рисунке 8 представлены фрагменты КИ с ОКП № 1 после проведения огневых испытаний.



а

б

Рисунок 8. Фрагменты кабельного изделия с нанесенным ОКП № 1 после проведения огневых испытаний в вертикальном (а) и горизонтальном (б) положениях

В качестве ОКП № 2 применялась огнезащитная композиция на водной основе [3]. Внешний вид ОКП № 2, размещение термопар и кабельного изделия с нанесенным ОКП № 2 в испытательной установке представлены на рисунке 9.



Рисунок 9. Фрагмент кабельного изделия с нанесенным ОКП № 2 и его размещение в испытательной установке

Значения температур прогрева кабеля с нанесенным ОКП № 2 по результатам испытаний в различных пространственных положениях представлены в таблице 4.

Таблица 4
Температуры прогрева кабеля с нанесенным ОКП № 2
в различных пространственных положениях

Положение в пространстве	Место измерения	Значение температуры на момент времени, °С									
		0 мин	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	10 мин	15 мин	20 мин	25 мин
Вертикальное	Печь	24,4	374,6	463,4	498,4	546,1	563,0	680,3	745,3	766,2	-
	Кабель (внутр.)	23,7	23,8	33,0	49,7	66,0	79,9	110,3	208,6	469,0	-
	Кабель (наруж.)	24,6	213,7	236,5	267,8	303,4	310,2	405,7	535,4	662,3	-
Горизонтальное	Печь	24,7	374,8	457,8	506,5	544,9	583,8	676,5	735,4	792,6	-
	Кабель (внутр.)	24,1	24,6	32,2	48,9	65,2	78,6	99,6	209,0	607,7	-
	Кабель (наруж.)	28,8	260,4	304,6	345,4	375,4	396,6	508,3	594,0	712,8	-

На рисунке 10 представлены температурно-временные кривые прогрева кабельного изделия с нанесенным ОКП № 2 в различных пространственных положениях.

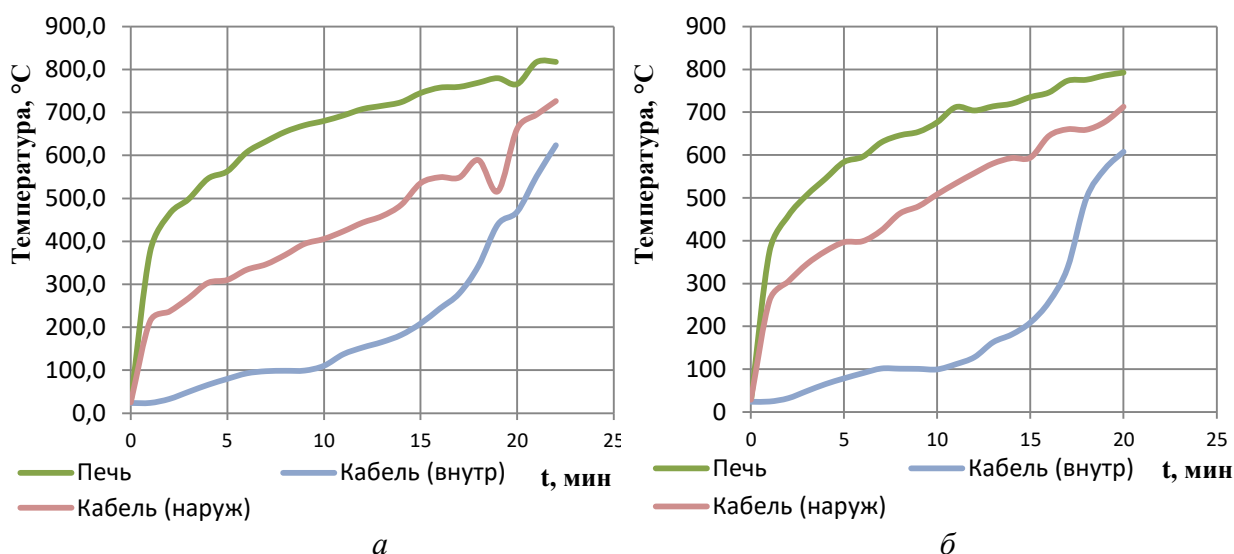


Рисунок 10. Температурно-временные кривые прогрева кабельного изделия с нанесенным ОКП № 2 при проведения огневых испытаний в вертикальном (а) и горизонтальном (б) положении

Результаты огневых испытаний КИ с нанесенным ОКП № 2 позволили установить, что прогрев КИ до 100 °С происходит на седьмой минуте испытаний, 150 °С – 11–13 минута, до значений в 200°С происходит на пятнадцатой минуте испытаний, 350 °С

– 18–19 минута эксперимента, а дальнейшее увеличение температуры внутри кабеля аналогично росту температуры прогрева КИ без ОКП, но смещенное в область более высоких температур в испытательной установке. Появление эффекта повышенного

дымообразования у ОКП № 2 наблюдалось при достижении значений температуры в испытательной установке 650–670 °С с аналогичными проявлениями, как и у КИ без ОКП. Наблюдение эффекта повышенного дымообразования у ОКП № 2 косвенно подтверждает сделанный ранее вывод о начале термоокислительной деструкции пенококсового слоя при достижении критических температур и позволяет рассмотреть данный параметр в качестве одного из составляющих при выработке критериев оценки термостойкости огнезащитных кабельных покрытий. Стоит отметить, что время прогрева кабеля с нанесенным ОКП № 2 увеличилось практически вдвое по сравнению с КИ без ОКП и незначительно уступает времени защитного действия ОКП № 1.

Кривая прогрева КИ с ОКП № 2 идентична кривой прогрева КИ с ОКП № 1, однако, кривые температур на границе ОКП № 2 – оболочка КИ имеют некоторые различия. В частности кривые температур на границе ОКП № 2 – оболочка КИ в первые пять минут испытаний имеют значения 300–400 °С, тогда как у ОКП № 1 – оболочка КИ значения равны 200–300 °С, что можно интерпретировать как способность пенококсового слоя сопротивляться термическому воздействию и в дальнейшем использовать для выработки критериев оценки термостойкости ОКП.

Температурно-временные кривые прогрева КИ с ОКП № 2 позволяют наглядно убедиться в снижении термического воздействия на защищаемый кабель и увеличении времени прогрева КИ с ОКП № 2

по сравнению КИ без ОКП примерно в 2 раза, что говорит об эффективности применяемого ОКП № 2.

Выводы

По результатам проведенных экспериментов установлено, что применение огнезащитных кабельных покрытий различной химической природы позволяет увеличить до двух раз время достижения критических температур кабеля при температурном режиме стандартного пожара вне зависимости от расположения образцов кабеля, а также добиться снижения тепловых эффектов на начальной стадии испытаний, обусловленных горением ПВХ-пластиков.

Процессы термодеструкции, протекающие в КИ с ОКП при увеличении температуры, аналогичны процессам, протекающим в КИ без ОКП, но их инициация и протекание смещены в область более высоких температур в испытательной установке, что служит доказательством защитного действия пенококсового слоя на поверхности КИ.

Проведенные исследования позволили определить время достижения критических температур кабельных изделий как покрытых огнезащитными составами, так и не покрытых, в условиях температурного режима стандартного пожара, также определить закономерности проявления различных эффектов при воздействии высоких температур на КИ с ОКП и сформировать ряд вопросов, требующих эмпирического подтверждения при проведении дальнейших исследований в этом направлении.

Авторы выражают благодарность ООО «Крепость-ЕК» (г. Екатеринбург) и Блиновскому Константину Викторовичу за помощь в подготовке к проведению экспериментов.

Литература

1. ГОСТ Р 53311–2009 Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс».
2. Мансуров Т. Х., Беззапонная О. В., Головина Е. В. и др. Применение огнезащитных интумесцентных составов для повышения пожарной безопасности кабельных изделий при одиночной и групповой прокладке // Техносферная безопасность. 2019. № 2 (23). С. 65–73.
3. Мансуров Т. Х., Беззапонная О. В., Головина Е. В. и др. Исследование огнезащитных кабельных покрытий методами термического анализа и огневых испытаний // Техносферная безопасность. 2020. № 1 (26).

С. 62–70.

4. ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.

5. ГОСТ Р 52087–2018 Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия.

6. Гусовский В. Л., Лифшиц А. Е., Тымчак В. М. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей. Справочник. М., 1981. 272 с.

7. Shu, Z.-J., Wang, J., Zhou, L. Method to determine the equivalent thermal diffusion coefficient of the intumescent coating for cables // Journal of Coatings Technology & Research. 2014. Vol. 11 (5). P. 817–826.

8. Правила устройства электроустановок // Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск, 2015. 464 с.

9. ГОСТ Р 31996–2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия.

References

1. GOST R 53311–2009 Pokrytiya kabel'nye ognезashchitnye. Metody opredeleniya og-nezashchitnoj effektivnosti // Sprav.-pravovaya sistema «Konsul'tantPlyus».

2. Mansurov T. H., Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V. et al. Primenenie ognезashchitnyh intumescentnyh sostavov dlya povysheniya pozharnej bezopasnosti kabel'nyh izdelij pri odinochnoj i gruppovoj prokladke // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2019. № 2 (23). S. 65–73.

3. Mansurov T. H., Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V. et al. Issledovanie ognезashchitnyh kabel'nyh pokrytij metodami termicheskogo analiza i ognevnyh ispy-tanij // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 1 (26). S. 62–70.

4. ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.

5. ГОСТ Р 52087–2018 Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия.

6. Гусовский В. Л., Лифшиц А. Е., Тымчак В. М. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей. Справочник. М., 1981. 272 с.

7. Shu, Z.-J., Wang, J., Zhou, L. Method to determine the equivalent thermal diffusion coefficient of the intumescent coating for cables // Journal of Coatings Technology & Research. 2014. Vol. 11 (5). P. 817–826.

8. Правила устройства электроустановок // Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск, 2015, 464 с.

9. ГОСТ Р 31996–2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия.