

УДК 614.84

mansurovtx@rambler.ru

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

**FIRE TESTS OF CABLE PRODUCTS WITH FIREPROOF COATINGS  
OF DIFFERENT CHEMICAL NATURE AT STANDARD FIRE TEMPERATURE**

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

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

В работе рассматриваются результаты исследований фрагментов кабельного изделия марки АВВГнг (мс) 4×95 при вертикальной и горизонтальной ориентации в пространстве с огнезащитными кабельными покрытиями различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара.

В ходе экспериментальных исследований выявлено, что пространственная ориентация кабельного изделия с нанесенными огнезащитными кабельными покрытиями не оказывает заметного влияния на время прогрева до критических температур. Эффекты повышенного дымообразования и снижения температуры в испытательной установке вследствие начала термодеструкции ПВХ-пластиката и флегматизации горючей смеси пропан-бутана с воздухом галогенсодержащими соединениями наблюдались у всех огнезащитных составов. Приведены результаты исследований времени достижения критических температур кабельных изделий при использовании огнезащитных покрытий на связующих различной химической природы.

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

The paper considers the results of studies of fragments of a cable product of the AVVGng (ms) 4×95 brand in vertical and horizontal orientation in space with fire-retardant cable coatings of various chemical nature at the temperature of a standard fire.

In the course of experimental studies, it was revealed that the spatial orientation of a cable product with applied fire-retardant cable coatings does not have a noticeable effect on the heating time to critical temperatures. The effects of increased smoke generation and a decrease in temperature in the test setup due to the onset of thermal destruction of PVC-compound and phlegmatization of a combustible mixture of propane-butane with air with halogen-containing compounds were observed in all flame retardants. The results of studies of the time to reach critical temperatures of cable products when using fire-resistant coatings on binders of various chemical nature are presented.

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

### **Введение**

Результаты исследований теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий кабельных изделий приведены в работах [1–3]. Для получения температурно-временных зависимостей кабельных изделий (КИ) с нанесенными огнезащитными кабельными покрытиями (ОКП) различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара, необходимы дальнейшие испытания в соответствии с ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834-75) [4]. Проведение дальнейших исследований КИ с ОКП при температурном режиме стандартного пожара позволит накопить достаточный объем экспериментальных данных для определения огнезащитной эффективности ОКП методами огневых испытаний, которые, в последующем, могут быть использованы для разработки критериев оценки термостойкости ОКП методами термического анализа.

Для оценки эффективности ОКП необходимо определить время достижения критических температур КИ с ОКП различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара и влияние пространственной ориентации КИ на время наступления критических температур.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Для решения поставленных задач использовалась испытательная установка, созданная с целью проведения натурных огневых испытаний фрагментов кабельных изделий с ОКП, подробно описанная в работах [2, 3].

В качестве кабельного изделия использовался четырехжильный кабель марки АВВГнг(мс) 4×95, выбранный ввиду конструктивных особенностей, позволяющих размещать термопары в объеме КИ без нару-

шения целостности его элементов. Подготовительные работы к нанесению и нанесение ОКП на кабель осуществлялись в соответствии с техническими условиями завода-изготовителя. В качестве ОКП использовались три состава на водной основе разных производителей.

Оценка эффективности работы каждого огнезащитного кабельного покрытия осуществлялась посредством определения достижения критических температур в объеме кабеля в различных пространственных положениях (вертикальное, горизонтальное) и сравнения со значениями достижения критических температур КИ без ОКП при тех же условиях испытаний. Критические температуры для выбранного типа кабеля получены из анализа результатов работы [5], нормативных документов [6, 7] и составляют 150 °С и 350 °С, достижение которых характеризует переход КИ в аварийный режим работы и режим пламенного горения соответственно.

В качестве ОКП № 1 применялся состав на основе интеркалированного графита, характеризующийся увеличением времени прогрева КИ до критических температур в 2–2,5 раза по сравнению с КИ без ОКП. В качестве ОКП № 2 использовался многокомпонентный огнезащитный состав на водной основе, позволяющий увеличить время достижения критических температур в объеме КИ до 2 раз. Результаты испытаний ОКП № 1 и ОКП № 2 приведены в работе [3].

В качестве ОКП № 3 применялась водно-дисперсионная краска на основе полимерного связующего с целевыми наполнителями. Размещение термопар на КИ с ОКП № 3 и размещение кабеля в испытательной установке представлено на рисунке 1.



Рисунок 1. Размещение термодпар на кабельном изделии с нанесенным ОКП № 3 и кабельного изделия в испытательной установке

Температуры прогрева КИ с нанесенным ОКП № 3 по результатам испытаний при различной ориентации в пространстве представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Значения температуры прогрева КИ с нанесенным ОКП № 3 при различной ориентации в пространстве

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	30,7	349,0	456,9	502,2	554,7	572,1	682,3	750,3	-	-
	Кабель (внутр.)	31,7	31,9	36,8	49,9	66,2	82,8	172,9	460,7	-	-
	Кабель (наруж.)	37,0	198,4	231,4	290,2	341,3	393,0	576,3	683,9	-	-
Горизонтальное	Печь	28,0	379,8	492,6	531,2	542,2	572,8	674,8	-	-	-
	Кабель (внутр.)	27,3	26,9	35,1	54,8	71,1	85,6	153,1	-	-	-
	Кабель (наруж.)	28,2	227,3	286,9	379,9	434,1	480,7	593,4	-	-	-

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



На рисунке 2 представлены фото фрагментов КИ с ОКП № 3 после проведения огневых испытаний при различной ориентации в пространстве.



Рисунок 2. Фрагменты кабельного изделия с ОКП № 3 после проведения огневых испытаний при вертикальной (а) и горизонтальной (б) ориентации в пространстве

Температурно-временные кривые прогрева КИ с нанесенным ОКП № 3 при различной ориентации в пространстве представлены на рисунке 3.

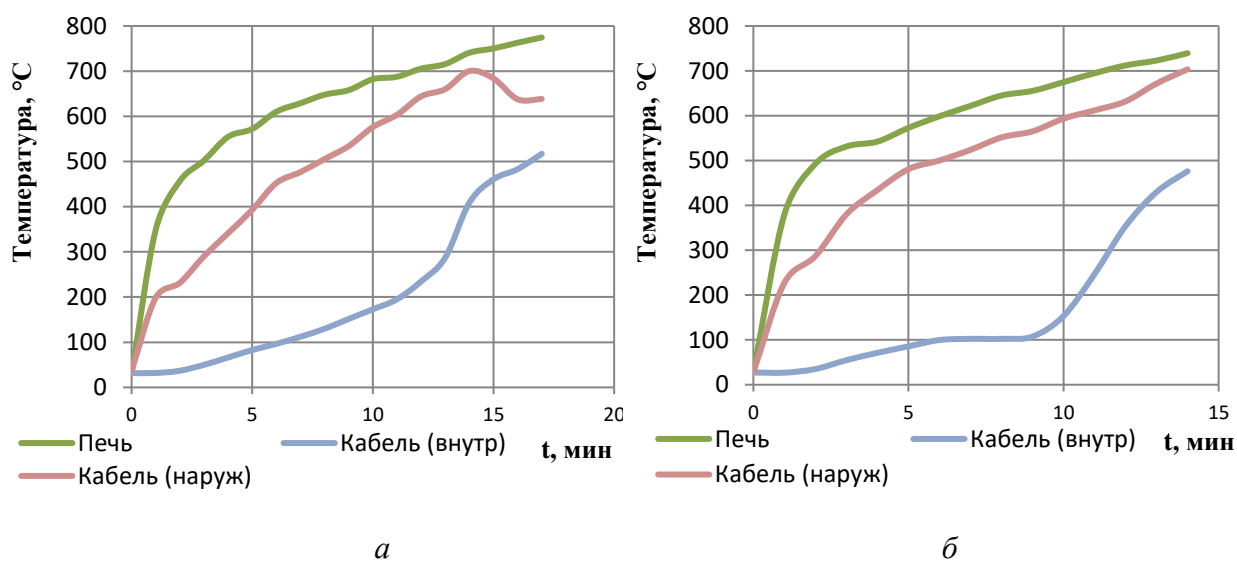


Рисунок 3. Температурно-временные кривые прогрева КИ с нанесенным ОКП № 3 при проведении огневых испытаний при вертикальной (а) и горизонтальной (б) ориентации в пространстве

По результатам огневых испытаний кабеля с ОКП № 3 установлено, что прогрев КИ до значений близких к 100 °С происходит на седьмой минуте испытаний, 150 °С – 9–10 минута, 200 °С на 11–12 минуте испытаний, 350 °С – 12–14 минуте. При этом дальнейшее увеличение температуры в объеме кабельного изделия носит резко нарастающий характер, ярко выраженный при горизонтальной ориентации в пространстве. При достижении значений температуры 500–580 °С на границе ОКП № 3 – оболочка КИ отмечалась повышенное дымообразование.

Кривая температуры прогрева кабеля с ОКП № 3 вне зависимости от пространственного положения имеет несколько более пологий вид в сравнении с КИ без ОКП, что наглядно демонстрирует сравнительно недостаточное увеличение времени прогрева кабеля с нанесенным ОКП № 3 по сравнению с другими ОКП и свидетельствует о низкой эффективности применяемого огнезащитного состава.

На рисунке 2 отчетливо видно, что горение кабеля интенсивнее протекает в вертикальном положении, нежели в горизонтальном, что можно определить по количеству сажи и пенококсового остатка. Малое количество пенококсового остатка объясняет сравнительно высокую скорость прогрева и горючесть КИ ввиду отсутствия физической возможности у ОКП № 3 создать значимый физический барьер термическому воздействию. Увеличенная скорость прогрева КИ при горизонтальной ориентации может быть вызвана не только малой толщиной пенококсового слоя, но и деформацией пенококсового слоя вследствие провисания кабеля при его нагреве.

В качестве ОКП № 4 применялся материал на основе водной полимерной дисперсии и целевых наполнителей. Внешний вид ОКП № 4 после нанесения, размещение термопар и КИ с ОКП № 4 в испытательной установке показаны на рисунке 4.



*Рисунок 4. Размещение термопар на кабельном изделии с нанесенным ОКП № 4 и кабельного изделия в испытательной установке*

Температуры прогрева КИ с нанесенным ОКП № 4 по результатам испытаний при различной ориентации в пространстве представлены в таблице 2.

Таблица 2  
Значения температуры прогрева КИ с нанесенным ОКП № 4 при различной ориентации в пространстве

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	29,0	329,2	458,1	501,3	538,9	573,6	679,2	743,2	792,5	-
	Кабель (внутр.)	29,3	28,6	36,6	53,8	68,0	79,2	111,0	202,1	461,0	-
	Кабель (наруж.)	31,3	185,9	203,4	229,4	271,8	311,5	434,0	544,7	651,7	-
Горизонтальное	Печь	32,8	355,8	514,2	542,0	545,0	579,4	679,3	742,4	773,3	-
	Кабель (внутр.)	29,7	30,2	35,0	48,3	64,0	80,1	124,3	204,8	460,0	-
	Кабель (наруж.)	34,7	208,9	319,0	337,7	343,2	364,8	474,6	580,5	680,6	-

Температурно-временные кривые прогрева КИ с нанесенным ОКП № 4 при различной ориентации в пространстве представлены на рисунке 5.

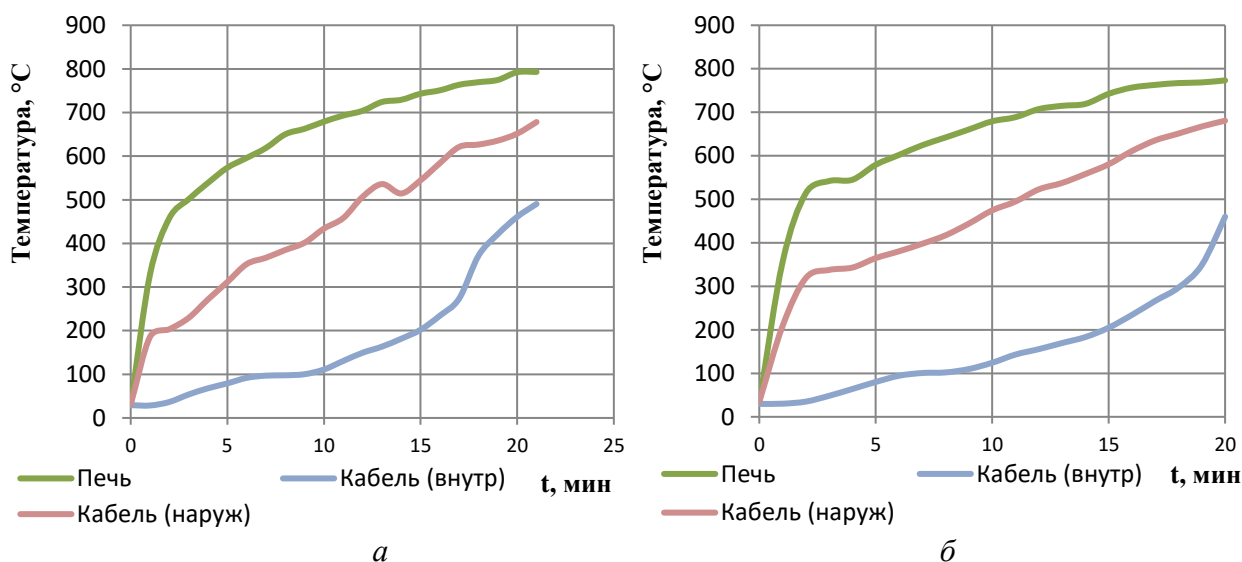


Рисунок 5. Температурно-временные кривые прогрева КИ с нанесенным ОКП № 4 при проведении огневых испытаний при вертикальной (а) и горизонтальной (б) ориентации в пространстве

Прогрев КИ с ОКП № 4 до значений близких к 100 °С происходит на 7–9 минуте испытаний, 150 °С – 12–13 минута, 200 °С – на пятнадцатой минуте испытаний, 350 °С –

17–19 минута, при этом дальнейшее увеличение температуры в объеме кабеля близко по характеру кривой прогрева КИ без ОКП, но смещенное в область более высоких тем-



ператур. Эффект повышенного дымообразования ОКП № 4 и снижения температуры в испытательной установке наблюдается в том же диапазоне температур, что и у других ОКП. Температурно-временные кривые прогрева КИ с ОКП № 4 наглядно демонстрируют «работу» огнезащитного состава

по характерному снижению температуры на границе ОКП № 4 – оболочка КИ на 200–250 °С от действующей температуры в испытательной установке. На рисунке 6 представлены фрагменты КИ с ОКП № 4 после проведения огневых испытаний при различной ориентации в пространстве.



Рисунок 6. Фрагменты кабельного изделия с ОКП № 4 после проведения огневых испытаний при вертикальной (а) и горизонтальной (б) ориентации в пространстве

В качестве ОКП № 5 применялась огнезащитная краска из термостойких, газопенообразующих наполнителей в водной дисперсии. Внешний вид ОКП № 5, размещение

термопар и КИ с ОКП № 5 в испытательной установке представлены на рисунке 7.



Рисунок 7. Размещение термопар на кабельном изделии с нанесенным ОКП № 5 и кабельного изделия в испытательной установке

Температуры прогрева КИ с нанесенным ОКП № 5 по результатам испытаний при различной ориентации в пространстве представлены в таблице 3.

Таблица 3  
Значения температуры прогрева КИ с нанесенным ОКП № 5 при различной ориентации в пространстве

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	33,1	306,6	483,3	507,1	517,3	576,0	676,0	738,9	771,8	-
	Кабель (внутр.)	33,9	34,1	39,4	55,5	71,2	85,7	149,3	395,9	629,6	-
	Кабель (наруж.)	34,2	152,1	238,4	250,3	262,2	293,9	461,6	582,8	655,8	-
Горизонтальное	Печь	27,5	357,7	514,8	540,4	563,0	579,0	681,2	735,8	-	-
	Кабель (внутр.)	26,2	26,3	31,2	44,4	60,1	75,7	134,9	440,2	-	-
	Кабель (наруж.)	28,0	179,0	260,8	300,0	336,3	351,5	559,6	664,7	-	-

На рисунке 8 представлены температурно-временные кривые прогрева КИ с ОКП № 5 при различной ориентации в пространстве.

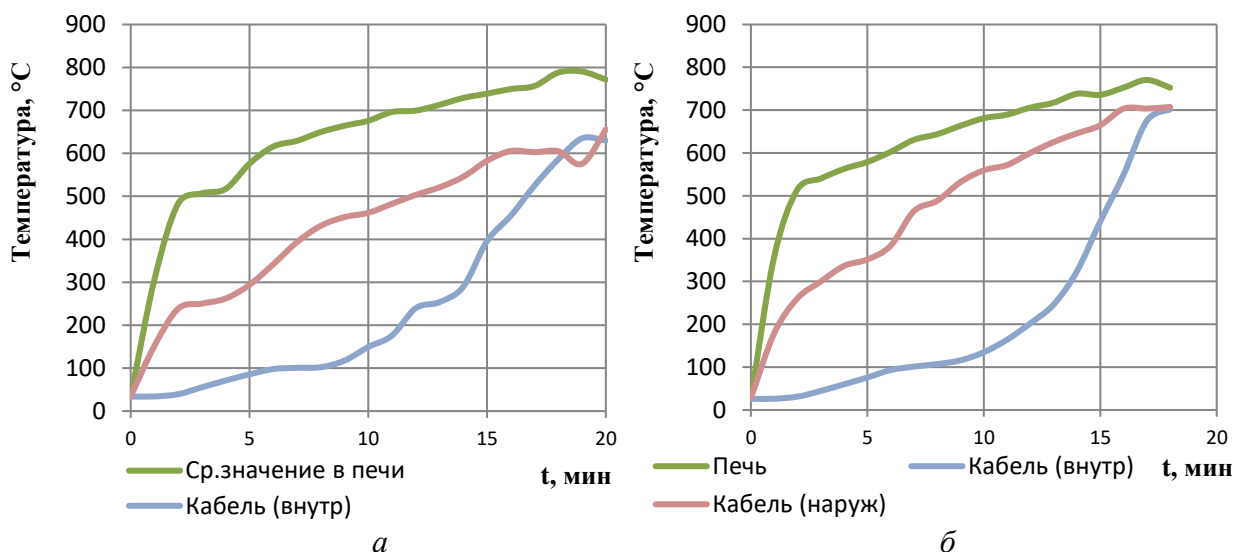


Рисунок 8. Температурно-временные кривые прогрева КИ с нанесенным ОКП №5 при проведении огневых испытаний при вертикальной (а) и горизонтальной (б) ориентации в пространстве

Огневые испытания КИ с нанесенным ОКП № 5 позволили установить, что прогрев КИ до 100 °С происходит на седьмой минуте испытаний, 150 °С – 12–11 минута, до 200 °С происходит на двенадцатой минуте испытаний, 350 °С – 14–15 минута

эксперимента. Дальнейшее увеличение температуры в объеме кабеля носит аналогичный характер, определенный при проведении предыдущих экспериментов КИ как без, так и с ОКП. Эффекты повышенного дымообразования и снижения температуры в



установке наблюдались и у ОКП № 5. «Работа» данного огнезащитного состава лучше видна при горизонтальной ориентации в пространстве КИ, ввиду характерного снижения температуры на границе ОКП № 5 –

оболочка КИ при термическом воздействии на 200–220 °С.

На рисунке 9 представлены фрагменты КИ с ОКП № 5 после проведения огневых испытаний при различной ориентации в пространстве.



а

б

Рисунок 9. Фрагменты кабельного изделия с ОКП № 5 после проведения огневых испытаний при вертикальной (а) и горизонтальной (б) ориентации в пространстве

По результатам проведенных испытаний КИ с ОКП различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара полученные значения времени достижения критических температур прогрева кабеля сведены в таблицу 4.

Таблица 4  
Время прогрева кабеля до критических температур с нанесенным ОКП при различной ориентации в пространстве

Ориентация в пространстве	Время на момент достижения критической температуры, мин											
	150 °С						350 °С					
	КИ без ОКП	ОКП № 1	ОКП № 2	ОКП № 3	ОКП № 4	ОКП № 5	КИ без ОКП	ОКП № 1	ОКП № 2	ОКП № 3	ОКП № 4	ОКП № 5
Вертикальная	8	14	12	9	13	11	13	20	19	14	18	15
Горизонтальная	8	13	13	10	12	11	11	19	18	12	20	15

В таблице 4: ОКП № 1 – огнезащитный состав на основе интеркалированного графита и органического растворителя;

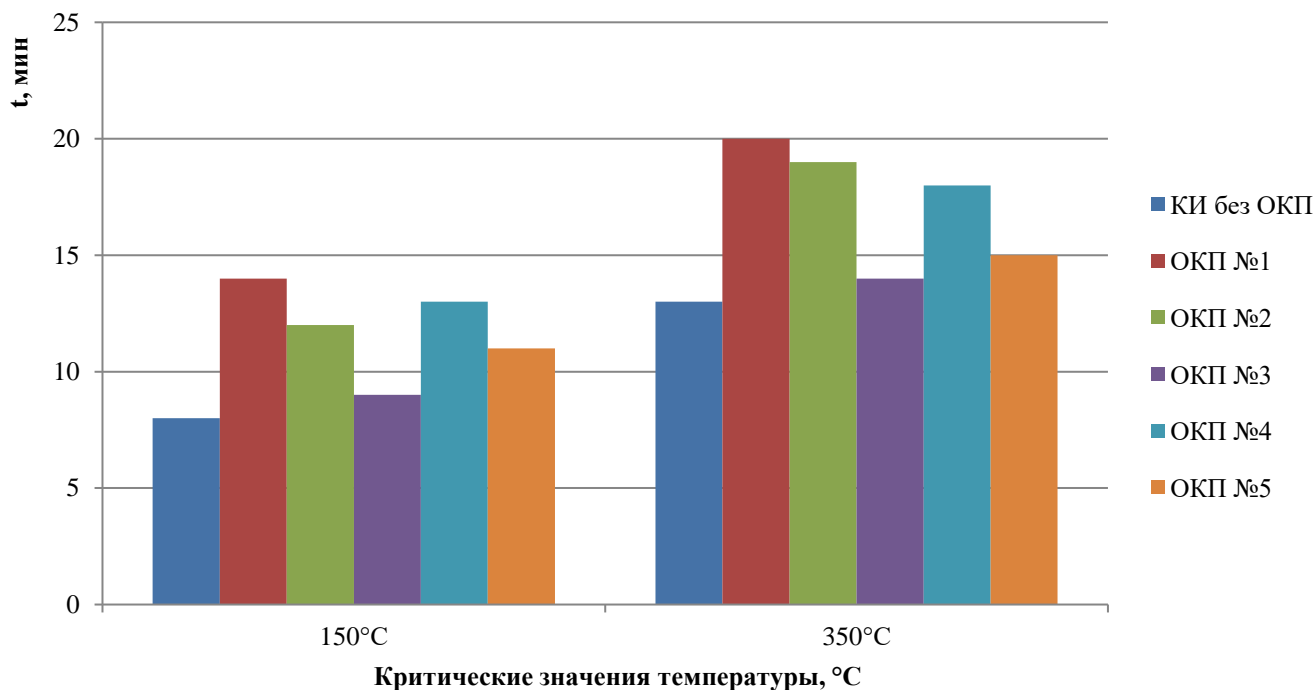
ОКП № 2 – огнезащитная композиция на водной основе;

ОКП № 3 – водно-дисперсионная краска на основе полимерного связующего с целевыми наполнителями;

ОКП № 4 – материал на основе водной полимерной дисперсии и целевых наполнителей;

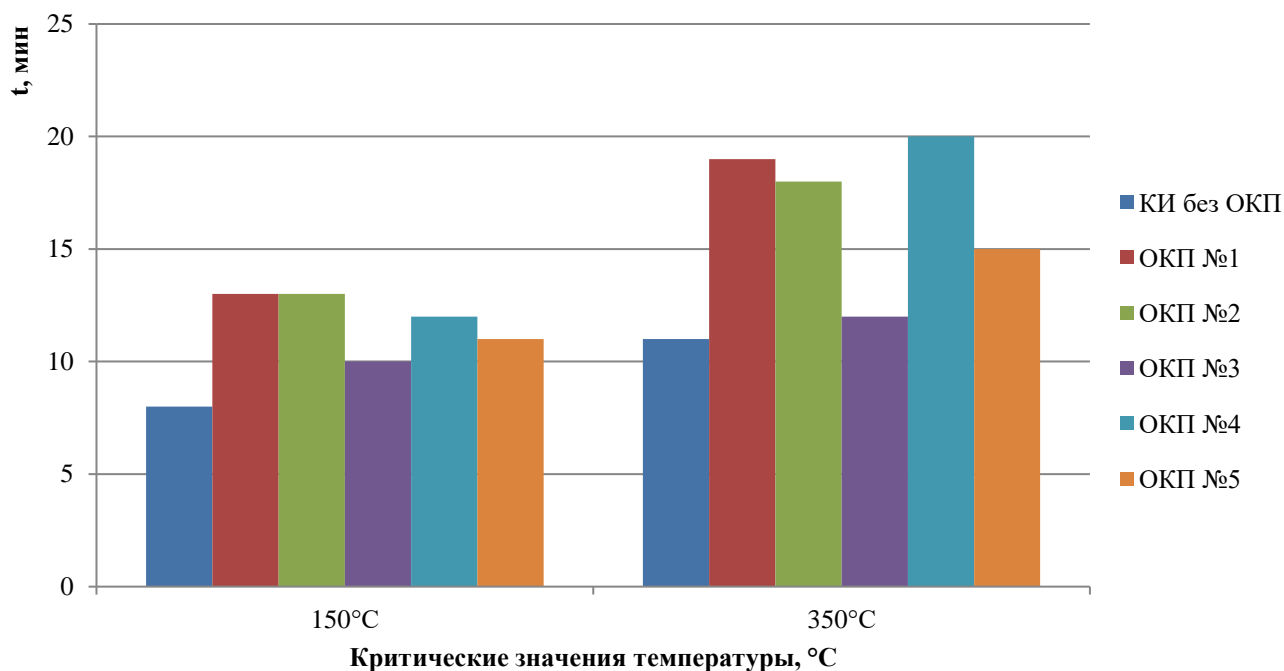
ОКП № 5 – огнезащитная краска из термостойких, газопенообразующих наполнителей в водной дисперсии.

На рисунке 10 представлены диаграммы времени достижения критических температур КИ без/с ОКП при вертикальной ориентации в пространстве.



*Рисунок 10. Время достижения критических значений температур КИ без/с ОКП при вертикальной ориентации в пространстве (ОКП № 1 – огнезащитный состав на основе интеркалированного графита и органического растворителя; ОКП № 2 – огнезащитная композиция на водной основе; ОКП № 3 – водно-дисперсионная краска на основе полимерного связующего с целевыми наполнителями; ОКП № 4 – материал на основе водной полимерной дисперсии и целевых наполнителей; ОКП № 5 – огнезащитная краска из термостойких, газопенообразующих наполнителей в водной дисперсии)*

На рисунке 11 представлены диаграммы времени достижения критических температур КИ без/с ОКП при горизонтальной ориентации в пространстве.



*Рисунок 11. Время достижения критических значений температур КИ без/с ОКП при горизонтальной ориентации в пространстве (ОКП № 1 – огнезащитный состав на основе интеркалированного графита и органического растворителя; ОКП № 2 – огнезащитная композиция на водной основе; ОКП № 3 – водно-дисперсионная краска на основе полимерного связующего с целевыми наполнителями; ОКП № 4 – материал на основе водной полимерной дисперсии и целевых наполнителей; ОКП № 5 – огнезащитная краска из термостойких, газопенообразующих наполнителей в водной дисперсии)*

Представленные диаграммы времени достижения критических температур КИ с ОКП при различной ориентации в пространстве наглядно демонстрируют работоспособность каждого из огнезащитных составов при температурном воздействии стандартного пожара. Как можно заметить, ориентация в пространстве не оказывает заметного влияния на время достижения критических температур с разницей в 1–2 минуты, что позволяет сделать вывод о работоспособности огнезащитных составов в любом пространственном положении.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что наиболее эффективным огнезащитным составом являлось ОКП № 1 на основе интеркалированного графита и органического растворителя, которое достигает первого критического значения температуры на 13–14 ми-

нутае (150 °C), второго критического значения на 19–20 минуте (350 °C). Температурно-временные кривые прогрева КИ с ОКП № 1 демонстрировали значимое снижение температуры на границе ОКП № 1 – оболочка КИ в первые пять минут испытаний до 200–300°C, при температуре в установке 560–570 °C.

Следующими по эффективной защите от термического воздействия можно считать огнезащитные составы ОКП № 2 и № 4. Наблюдалось одинаковое время достижения первого значения критической температуры, ОКП № 2 и ОКП № 4 – 12–13 минут, тогда как при достижении второго критического значения видны несущественные различия, у ОКП № 2 – 19–20 минут, ОКП № 4 – 18–20 минут в зависимости от пространственной ориентации. В целом, время достижения критических температур КИ (150 °C и 350 °C) повысилось в 1,4–1,8 раз. Значение



температуры на границе ОКП № 2 – оболочка КИ в первые пять минут испытаний составляло 310–400 °С, на границе ОКП № 4 – оболочка КИ – 300–350 °С.

Четвертым по эффективности являлось покрытие ОКП № 5. Время достижения критических температур у данного покрытия одиннадцать минут до 150 °С и пятнадцать минут до 350 °С. Температурно-временная кривая граница ОКП № 5 – оболочка КИ показала снижение температуры до 300–350 °С в первые пять минут испытаний, что схоже с показаниями температур в данной области у ОКП № 2 и № 4, однако стоит отметить, время прогрева КИ с ОКП № 5 до критических температур снизилось на 3–5 минут по сравнению с приведенными для сравнения ОКП.

Огнезащитной композицией с минимальными показателями по эффективности являлась огнезащитная краска – ОКП № 3 (водно-дисперсионная краска на основе полимерного связующего с целевыми наполнителями). Время достижения первого критического значения температуры в 150 °С у ОКП № 3 составило 9–10 минут, что немногим больше, чем у данного типа КИ без ОКП – восемь минут. Второе критическое значение температуры 350 °С у ОКП № 3 достигалось за 12–14 минут, тогда как у КИ без ОКП – 11–13 минут. Температурно-временная кривая граница ОКП – оболочка КИ в первые пять минут испытаний продемонстрировала значения 400–480 °С, причем нагрев оболочки КИ без ОКП при тех же условиях испытаний составлял 420–510 °С.

Выявленные в ходе экспериментальных исследований эффекты повышенного дымообразования и снижения температуры имели место для всех типов ОКП при достижении значений температуры на границе ОКП – оболочка КИ 500–600 °С, однако наступали данные эффекты при различной температуре в испытательной установке ввиду разной работоспособности конкретного ОКП.

При детальном изучении температурно-временных кривых прогрева КИ как с ОКП, так и без такового, обращает на себя

внимание горизонтальный участок на температурно-временной кривой граница ОКП – оболочка КИ в первые несколько минут испытаний, характер изгиба которой и температуры, фиксируемые в этот момент, позволяют заметить различия в процессе интумесценции каждого состава и теплоизолирующей способности образовавшегося пенококсового слоя, что в дальнейшем можно использовать при определении критериев оценки термостойкости ОКП. Для определения критериев огнезащитной эффективности ОКП методами огневых испытаний, немаловажным может оказаться и скорость изменения температуры, а также разница температур, фиксируемая в установке и на границе ОКП – оболочка КИ.

#### **Выводы**

Проведенное исследование огнезащитных кабельных покрытий различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара позволило наглядно продемонстрировать работоспособность каждого из испытуемых огнезащитных составов по времени достижения значений критических температур, а также по фиксируемым температурам на температурно-временной кривой граница ОКП – оболочка КИ при проведении испытаний. Установлено, что наиболее эффективным покрытием является ОКП № 1 на основе интеркалированного графита и органического растворителя, которое снижает термическое воздействие на защищаемый кабель, особенно в первые пять минут испытаний (до 2,5 раз). Примерно в 2 раза снижение температуры было зафиксировано у ОКП № 2 (огнезащитная композиция на водной основе), № 4 (на основе водной полимерной дисперсии и целевых наполнителей) и № 5 (огнезащитная краска из термостойких, газопенообразующих наполнителей в водной дисперсии). Время достижения критических температур КИ (150 °С и 350 °С) повысилось в 1,4–1,8 раз. Наихудшие показатели по теплоизолирующей способности продемонстрировало ОКП № 3 (водно-дисперсионная краска на основе полимерного связующего с целевыми наполнителями), практически не

снижающее термическое воздействие на защищаемый кабель. Полученные значения времени достижения критических температур при огневых испытаниях КИ с ОКП необходимы для выработки критериев оценки термостойкости ОКП методами термического анализа.

Наблюдаемые эффекты повышенного дымообразования и снижения темпера-

туры в испытательной установке при термоокислительной деструкции ПВХ-оболочки КИ целесообразно использовать при оценке огнезащитной эффективности ОКП методами огневых испытаний. Установлено, что различное пространственное положение защищаемого КИ не оказывает заметного влияния на время достижения критических температур прогрева КИ с ОКП.

***Авторы выражают благодарность ООО «НеоКрил» за помощь в подготовке к проведению экспериментов и предоставленные огнезащитные кабельные покрытия.***

#### Литература

1. Мансуров Т. Х. 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.
2. Мансуров Т. Х. и др. Исследование огнезащитных кабельных покрытий методами термического анализа и огневых испытаний // Техносферная безопасность. 2020. № 1 (26). С. 62–70.
3. Мансуров Т. Х. и др. Исследование кабельного изделия с огнезащитными покрытиями различной химической природы при температурном режиме стандартного пожара // Техносферная безопасность. 2020. № 3 (28). С. 108–120.
4. ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
5. 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.
6. Правила устройства электроустановок // Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск: Норматика, 2015. 464 с.
7. ГОСТ Р 31996–2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия.

#### References

1. Mansurov T. H. et al. Primenenie ognezashchitnyh intumescentnyh sostavov dlya povysheniya pozharnoj bezopasnosti kabel'nyh izd. E elij pri odinochnoj i gruppovoj prokladke // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2019. № 2 (23). S. 65–73.
2. Mansurov T. H. et al. Issledovanie ognezashchitnyh kabel'nyh pokrytij metodami termicheskogo analiza i ognevyh ispytaniy // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 1 (26). S. 62–70.
3. Mansurov T. H. et al. Issledovanie kabel'nogo izdeliya s ognezashchitnymi pokrytiami razlichnoj himicheskoy prirody pri temperaturnom rezhime standartnogo požara // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 3 (28). S. 108–120.
4. GOST 30247.0–94 (ISO 834–75) Konstrukcii stroitel'nye. Metody ispytaniy na ognestojkost'. Obshchie trebovaniya.
5. 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.
6. Pravila ustrojstva elektroustanovok // Vse dejstvuyushchie razdely PUE-6 i PUE-7. Novosibirsk, 2015. 464 s.
7. GOST R 31996–2012 Kabeli silovye s plastmassovoj izolyaciej na nominal'noe napryazhenie 0,66; 1 i 3 kV. Obshchie tekhnicheskie usloviya.