

УДК 614.84

DOI: <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2026.96.58.002>

EDN: <https://elibrary.ru/bjmdtm>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУЛЛИТОКРЕМНЕЗЕМИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ СЕРИИ «ИГНИС-МАТ»

*Анатолий Никитович Гаращенко<sup>1</sup>, Сергей Порфирьевич Антонов<sup>2</sup>,  
Александр Всеволодович Виноградов<sup>1</sup>, Роман Евгеньевич Сидоров<sup>2</sup>,  
Шигабдинова Регина Тагировна<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (АО «ЦНИИСМ»), г. Хотьково, Московская область, Россия.

<sup>2</sup> ООО «ПРОЗАСК», г. Москва, Россия.

**Аннотация.** Представлены результаты испытаний на стенде лучистого нагрева образцов конструктивной огнезащиты из муллитокремнеземистых матов серии «ИГНИС-мат» при воспроизведении стандартного и углеводородного режимов воздействия. Продемонстрирована целесообразность получения подобных дополнительных данных по огнезащитной эффективности и подтверждена высокая огнезащитная эффективность матов. Результаты термодинамических измерений были использованы для уточнения эффективного коэффициента теплопроводности материала в рабочем диапазоне температур. Приведены результаты испытаний по определению группы огнезащитной эффективности матов «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover» по ГОСТ 53295-2009. На основании результатов испытаний на стенде лучистого нагрева были определены значения коэффициента эффективной теплопроводности материалов в рабочем диапазоне температур и выполнена валидация используемой расчетной методики (программы). Доказана возможность использования расчетной методики (программы) для теплотехнических расчетов и принятия технических решений по огнезащите конструкций матами серии «ИГНИС-мат», что также способствует объективной экспертизе таких решений.

**Ключевые слова:** конструктивная огнезащита, муллитокремнеземистые маты, огнезащитная эффективность, стенд лучистого нагрева, термодинамика, эффективный коэффициент теплопроводности, теплотехнические расчеты

**Для цитирования:** Исследование огнезащитной эффективности муллитокремнеземистых материалов серии «ИГНИС-мат» / А.Н. Гаращенко, С.П. Антонов, А.В. Виноградов, Р.Е. Сидоров, Р.Т. Шигабдинова // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2026. № 2 (28). С. 14–26. DOI 10.37657/vniipo.avpb.2026.96.58.002. EDN BJMDTM.

### INVESTIGATION IN THE FIRE-PROTECTIVE EFFECTIVENESS OF THE IGNIS-MAT SERIES OF MULLITE-SILICA MATERIALS

*Anatoly N. Garashchenko<sup>1</sup>, Sergey P. Antonov<sup>2</sup>, Aleksandr V. Vinogradov<sup>1</sup>,  
Roman E. Sidorov<sup>2</sup>, Regina T. Shigabdinova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> JSC Central Scientific Research Institute of Special Mechanical Engineering (JSC TSNIISM), Khotkovo, Moscow region, Russia.

<sup>2</sup> LLC PROZASK, Moscow, Russia.

**Abstract.** There are presented the results of tests on a radiant heating rig for structural fire protection material samples made of mullite-silica mats of the IGNIS-mat series under standard and hydrocarbon exposure conditions. The feasibility of obtaining such additional data on fire-retardant effectiveness has been demonstrated, and the high fire-retardant effectiveness of the mats has been confirmed. The results of thermocouple measurements were used to determine the effective thermal conductivity of the material in the operating temperature range. The results of tests for determining the fire protection efficiency group of IGNIS-mat AL and IGNIS-mat Cover mats according to GOST 53295-2009 are presented. Based on the test results obtained using the radiant heating rig, the effective thermal conductivity values of the materials in the operating temperature range were determined, and the used calculation method (software) was validated. The possibility of using the calculation method (software) for thermal calculations and for making technical decisions on fire protection of structures with mats of the IGNIS-mat series has been proven, which also contributes to the expert assessment of such solutions.

**Keywords:** structural fire protection, mullite-silica mats, fire-retardant efficiency, radiant heating rig, thermocouples, effective thermal conductivity, thermal calculations

**For citation:** Garashchenko A.N., Antonov S.P., Vinogradov A.V., Sidorov R.E., Shigabdinova R.T. Investigation in the fire-protective effectiveness of the IGNIS-mat series of mullite-silica materials. Aktual'nye voprosy pozharnoi bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2026, no. 2, pp. 14-26. (InRuss.). DOI 10.37657/vniipo.avpb.2026.96.58.002. EDN BJMDTM.

### Введение

Многообразие присутствующих на рынке средств огнезащиты для строительных конструкций предполагает исследования по оценке их эффективности при высокотемпературном стандартном огневом воздействии, что необходимо для выбора рациональных вариантов технических решений по их применению. В публикациях [1–17] продемонстрировано, что наряду с обязательными испытаниями конструкций с огнезащитой в огневых печах, необходима дополнительная оценка характеристик самих огнезащитных материалов на лабораторно-стендовом оборудовании.

В отсутствие методик испытаний, установленных нормативными документами по пожарной безопасности, в таком качестве авторами используется стенд лучистого нагрева, на котором с помощью пакета мощных галогенных ламп удастся с достаточной точностью воспроизводить задаваемые условия высокотемпературного воздействия и фиксировать температурные поля в работающей огнезащите и защищаемой конструкции [1, 12–18]. Отработана методика проведения испытаний на таком стенде применительно к образцам различных видов огнезащиты. Она была успешно реализована, в частности, при исследованиях типичных материалов конструктивной огнезащиты в виде плит, матов, рулонов. Испытывались влагосодержащие материалы: цементные плиты «ПРОЗАСК Файерпанель» [16] и гипсовые плиты «ГИПРОК-ИГНИС» [18]. Ранее в качестве типичного представителя неразлагающихся огнезащитных материалов на стенде исследовались образцы из базальтоволокнистого рулонного материала марки МБОР-20Ф, а также МБОР-20Ф с клеевым влагосодержащим составом ПЛАЗАС [13, 15].

В данной статье представлены результаты серии подобных испытаний, проведенных для типичного представителя другой группы неразлагающихся материалов – огнезащитных матов серии «ИГНИС-мат» из муллитокремнеземистого волокна (каолиновой ваты). Их отличительной особенностью является значитель-

но большая термостойкость по сравнению с применяемыми огнезащитными минераловатными или базальтоволокнистыми холстами, матами и плитами. Как и в ходе предшествующих исследований, ставилась задача не только по предварительной оценке огнезащитной эффективности рассматриваемого материала, но и по оценке эффективного коэффициента теплопроводности в рабочем диапазоне температур, оказывающего наибольшее влияние на результаты проведения теплотехнических расчетов огнестойкости различных конструкций с таким вариантом огнезащиты.

### **Материалы и методы**

Муллитокремнеземистое волокно (каолиновая вата) производится плавкой в электрической печи исходных компонентов, состоящих в основном из оксидов алюминия и кремния с дальнейшим образованием волокна методом раздува и последующим его выщелачиванием. Использование окислов с высокой температурой плавления обеспечивает получение волокон с повышенной термостойкостью. Маты «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover» имеют форму полотна, состоящего из волокон различной длины, скрепленных между собой силами естественного сцепления. На одной из поверхностей полотна имеется слой алюминиевой фольги. Маты требуемой толщины поставляются в виде рулонов.

Производителями заявлено, что эти маты кроме высокой термостойкости (до 1150–1200 °С) имеют низкую теплопроводность и плотность, высокую атмосферо-, влаго- и химическую стойкость, долговечность и обладают способностью сохранять свойства после огневого воздействия с возможностью их повторного применения.

Они предназначены для применения в качестве огнезащиты, а также тепло- и звукоизоляции различных конструкций, коммуникаций, оборудования и изделий в гражданском и промышленном строительстве, на транспорте и пр. Муллитокремнеземистые маты могут эксплуатироваться во всех климатических зонах. Можно отметить технологичность их монтажа, причем в части воздействия на органы дыхания и кожные покровы рассматриваемые маты более предпочтительны по сравнению с традиционными минераловатными или базальтоволокнистыми материалами. Высокая термостойкость позволяет успешно использовать «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover» на объектах нефте- и газодобычи, нефте- и газопереработки, а также в строительстве транспортных тоннелей, метрополитенов, путепроводов, объектов инфраструктуры транспорта, на которых могут реализовываться наиболее жесткие режимы огневого воздействия при пожарах, в частности, углеводородный температурный режим.

В рамках практикуемых нами комплексных исследований, наряду с огневыми экспериментами по оценке группы огнезащитной эффективности по ГОСТ Р 53295-2009 (п. 5, п. 6), которые показали практически аналогичные результаты для обоих матов, была проведена серия испытаний образцов муллитокремнеземистых матов «ИГНИС-мат АЛ» при воспроизведении стандартного и углеводородного температурного режима на стенде лучистого нагрева. Объектом испытаний, проводимых по реализованной ранее методике [13, 15–18], являлись образцы, состоящие из одного, двух и трех слоев матов толщиной 19 и 25 мм. Размер образцов – 300×200 мм, что существенно меньше, чем зона нагрева пакетом ламп. Все маты ориентировались лицевой поверхностью (фольгой) в сторону нагрева. Защищаемым элементом, как и ранее [13, 15–18], являлась пластина из стали толщиной 3 мм и аналогичным размером 300×200 мм. Была предусмотрена теплоизоляция стальной пластины на необогреваемой стороне образцов базальтоволокнистым матом толщиной 20 мм.

Проводились измерения уровня прогрева образцов матов хромель-копелевыми или хромель-алюмелевыми термопарами, установленными на нагре-

ваемой поверхности (для оценки уровня ее нагрева и регулирования режима) и между слоями матов. Изменение температуры стальной пластины регистрировалось с помощью зачеканенных в нее термопар. Использовалось по две термопары, установленные в центральной части каждой из указанных зон. Образец с термопарами размещался в проеме плоской вертикальной панели из термостойкой плиты толщиной 60 мм, обладающей высокой термостойкостью и низкой теплопроводностью, что гарантирует одномерную теплопередачу в образцах.

Соответствующее изменение температуры поверхности образцов при воспроизведении стандартного и углеводородного режима огневого воздействия обеспечивалось за счет изменения мощности нагревателя. Продолжительность воздействия зависела от реализуемого режима и толщины огнезащиты. Проводилась оценка коэффициента теплопроводности матов на лабораторной установке при комнатной температуре. Как и ранее, для цементных и гипсовых плит [16, 18], а также для базальтоволокнутого материала [15] оценивалось изменение коэффициента теплопроводности матов в рабочем диапазоне температур.

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

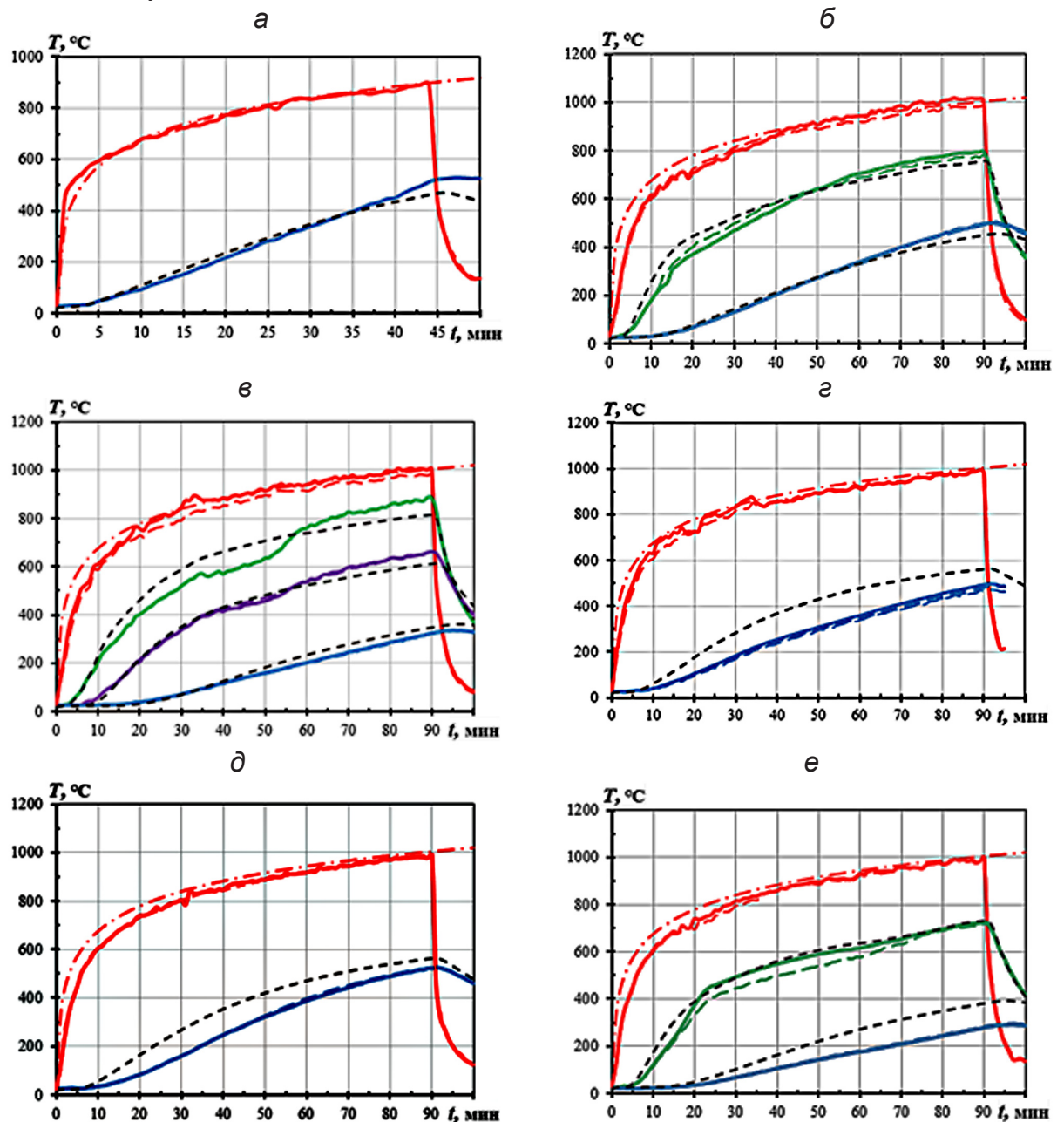
В табл. 1 представлена систематизированная информация по испытаниям на стенде лучистого нагрева десяти образцов матов «ИГНИС-мат АЛ». Шесть образцов, состоящих из одного, двух или трех слоев матов толщиной 19 мм, а также одного и двух слоев толщиной 25 мм, испытывались при воспроизведении стандартного температурного режима. Четыре образца, состоящих из одного слоя толщиной 25 мм и двух слоев матов толщиной 19 и 25 мм, испытывались при воспроизведении углеводородного режима (при сочетании различных толщин в качестве наружного слоя использовался мат толщиной 25 мм). Продолжительность воздействия при воспроизведении стандартного режима составляла порядка 90 минут (кроме опыта № 1), а при воспроизведении углеводородного режима – порядка 45 минут. В табл. 1 указаны значения температуры в момент окончания интенсивного воздействия, полученные в результате осреднения показаний термопар, установленных в каждой зоне образцов. В каждом эксперименте после окончания воздействия запись продолжалась и регистрировалось перераспределение температуры по толщине образца при его охлаждении.

Таблица 1

**Информация об испытаниях образцов матов «ИГНИС-мат АЛ»  
на стенде лучистого нагрева**

Режим воздействия	№ п/п	Количество матов, шт.	Толщина матов, мм	Время воздействия, мин	Температура к концу воздействия (расчет), °С		Температурные кривые
					между матами	стальной пластины	
Стандартный	1	1	19	44,3	-	518 (464)	Рис. 1 а
	2	2	19+19	90,2	785 (758)	497 (450)	Рис. 1 б
	3	3	19+19+19	90,5	875; 658 (817, 610)	327 (349)	Рис. 1 в
	4	1	25	90,5	-	484 (563)	Рис. 1 г
	5	1	25	90,0	-	524 (562)	Рис. 1 д
	6	2	25+25	90, 6	712 (733)	270 (383)	Рис. 1 е
Углеводородный	7	1	25	44,9	-	508 (561)	Рис. 2 а
	8	2	19+19	45,7	782 (784)	433 (428)	Рис. 2 б
	9	2	25+19	45,2	755 (742)	369 (387)	Рис. 2 в
	10	2	25+25	44,6	763 (790)	267 (342)	Рис. 2 г

На графиках (рис. 1, 2) приведены показания термопар, установленных как на поверхности огнезащиты, так и в самих образцах. Начальная температура образцов перед испытаниями от № 1 до № 10 составляла соответственно: 23 °С, 28 °С, 24 °С, 23 °С, 24 °С, 28 °С, 26 °С, 21 °С, 21 °С, 25 °С. Следует отметить, что показания термопар, установленных в каждой контрольной зоне, как правило, мало отличались, что свидетельствует о стабильности измерений. Это видно на рис. 1, 2, где показания вторых термопар обозначены пунктирными линиями соответствующего цвета.



**Рис. 1. Показания термопар при испытаниях образцов огнезащиты, состоящих из слоев «ИГНИС-мат АЛ» толщиной 19 мм (а), 19+19 мм (б), 19+19+19 мм (в), 25 мм (г, д), 25+25 мм (е) при стандартном температурном режиме:**  
 —, - - - - поверхность огнезащиты; —, - - - - стальная пластина  
 —, - - - - между первым и вторым слоями матов; —, - - - - между вторым и третьим слоями матов: - - - - расчеты температуры стальной пластины и на границе между слоями матов, — · — · — значения температуры газовой среды при стандартном режиме



нагреваемой поверхности, проявившаяся в большей степени при воспроизведении углеводородного режима.

Как и ранее для других материалов конструктивной огнезащиты [15–18], экспериментальные исследования матов «ИГНИС-мат АЛ» включали определение наиболее важной теплофизической характеристики огнезащиты – коэффициента теплопроводности в рабочем диапазоне температур. При низких (комнатных) температурах порядка 25 °С этот параметр определялся на приборе ИТП-МГ4 при стационарном тепловом режиме (ГОСТ 7076-99). Использовались образцы размером 100×100 мм с предусмотренной по инструкции толщиной (в данном случае порядка 10 мм). Среднее значение коэффициента теплопроводности составило 0,038 Вт/м·К.

Для оценки эффективного коэффициента теплопроводности матов при высоких температурах решалась обратная задача теплопроводности с использованием результатов термодинамических измерений на стенде лучистого нагрева. Применялись надежная и относительно несложная методика и верифицированная компьютерная программа теплотехнических расчетов нестационарного процесса теплопередачи в многослойной конструкции, описание которой, в частности, представлено в статье [19]. Программа разработана в результате численного решения методом конечных разностей системы уравнений, включающих элементарные (без усложнений) уравнения теплопроводности в одномерной постановке для многослойной пластины с соответствующими граничными условиями для описания высокотемпературного воздействия на огнезащиту.

Для уточнения значений эффективного коэффициента теплопроводности в рабочем диапазоне температур принималось его линейное изменение от значения 0,038 Вт/м·К, определенного на приборе при 25 °С, до его искомого значения при условной температуре 1200 °С. Это значение находится в ходе решения обратной задачи методом перебора значений искомого параметра при этой температуре. При решении такой обратной задачи по аналогии с работами [15, 16, 18] использовалось граничное условие 1-го рода. В этом качестве брали зависимости температура – время (осредненные показания поверхностных термодинамических пар), зафиксированные в ходе испытаний образцов на стенде лучистого нагрева (см. рис. 1, 2).

Значение удельной теплоемкости принималось равным 1000 Дж/(кг·К), а значение плотности, уточненное для исследуемых образцов, – 136 кг/м<sup>3</sup>. В результате серии расчетов, проводимых с использованием задаваемых таким образом ТФХ установлено, что удовлетворительное соответствие «расчет – эксперимент» достигается при значении коэффициента эффективной теплопроводности при температуре 1200 °С, равном 0,24 Вт/(м·К). В этом случае зависимость для описания его изменения от температуры имеет вид:

$$\lambda_{эф} = 0,038 + 0,000172 (T - 25), \quad (1)$$

где  $T$  – температура, °С.

Степень соответствия «расчет – эксперимент» при указанных выше значениях теплофизических характеристик демонстрируется в табл. 1, а также на рис. 1, 2, где, наряду с экспериментальными, нанесены расчетные зависимости (пунктирные кривые), демонстрирующие изменение от времени температуры стальной пластины и температуры на границах между слоями матов. Полученное соответствие «расчет – эксперимент» можно признать удовлетворительным практически для всех экспериментов, несмотря на существенные отличия по толщинам огнезащиты, а также по режимам высокотемпературного воздействия на образцы в ходе испытаний. Можно отметить некоторое завышение расчетных кривых относительно экспериментальных для образцов при воспроизведении стандартного температурного режима, что обеспечивает требуемый уровень огнезащиты кон-

струкции (в данном случае стальной пластины) с определенным запасом. То, что такое завышение менее характерно для углеводородного температурного режима, может быть связано с возрастанием доли лучистой составляющей эффективного коэффициента теплопроводности при более высоком уровне температур при реализации углеводородного режима. Это может быть учтено, например, при нелинейной аппроксимации этого эффективного показателя.

Важной составной частью проводимых комплексных исследований является анализ результатов испытаний, проведенных для определения группы огнезащитной эффективности системы конструктивной огнезащиты из матов «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover» по ГОСТ Р 53295-2009. В испытательной лаборатории ООО «ФаерЛаб» испытывались образцы ненагруженных колонн из двутавра 20Б1 (ГОСТ 26020-83) с приведенной толщиной металла 3,4 мм. Толщина матов «ИГНИС-мат АЛ» составляла 19 и 25 мм. Их монтаж проводился по «Технологическому регламенту ПРОЗАСК-ИМАЛ/ОГЗ-ОЭ-12/2025». Фиксировалось время достижения конструкциями температуры 500 °С при воздействии на нее по стандартному режиму. Информация об огневых испытаниях представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Информация об огневых испытаниях образцов колонн и пластин с огнезащитой матами «ИГНИС-мат АЛ»**

Стальная конструкция	Толщина огнезащиты, мм	Начальная температура, °С	Время достижения температуры 500 °С, мин		Температурные кривые
			Эксперимент	Расчет	
Колонна из двутавра 20Б1	19	22	45,7	41,5	Рис. 3 а
	19	22	44,2	42,7	Рис. 3 б
	25	20	63,0	50,5	Рис. 3 в
	25	21	58,4	51,2	Рис. 3 г
Пластина 600×600×5 мм	19	20	(397 °С max)	> 60	Рис. 3 д
	25	21	(414 °С max)	> 90	Рис. 3 е

В испытательном центре АНО «СЦПП» испытывались образцы таких же ненагруженных колонн из двутавра 20Б1 (ГОСТ 26020-83) с огнезащитой матами «ИГНИС-мат Cover». Приведенная толщина металла составляла 3,4 мм, а толщина матов – 19 и 25 мм. Их монтаж проводился по «Технологическому регламенту ПРОЗАСК-ИМС/ОГЗ-ОЭ-12/2022». Фиксировалось время достижения конструкциями температуры 500 °С при воздействии на нее по стандартному режиму. Информация об огневых испытаниях представлена в табл. 3.

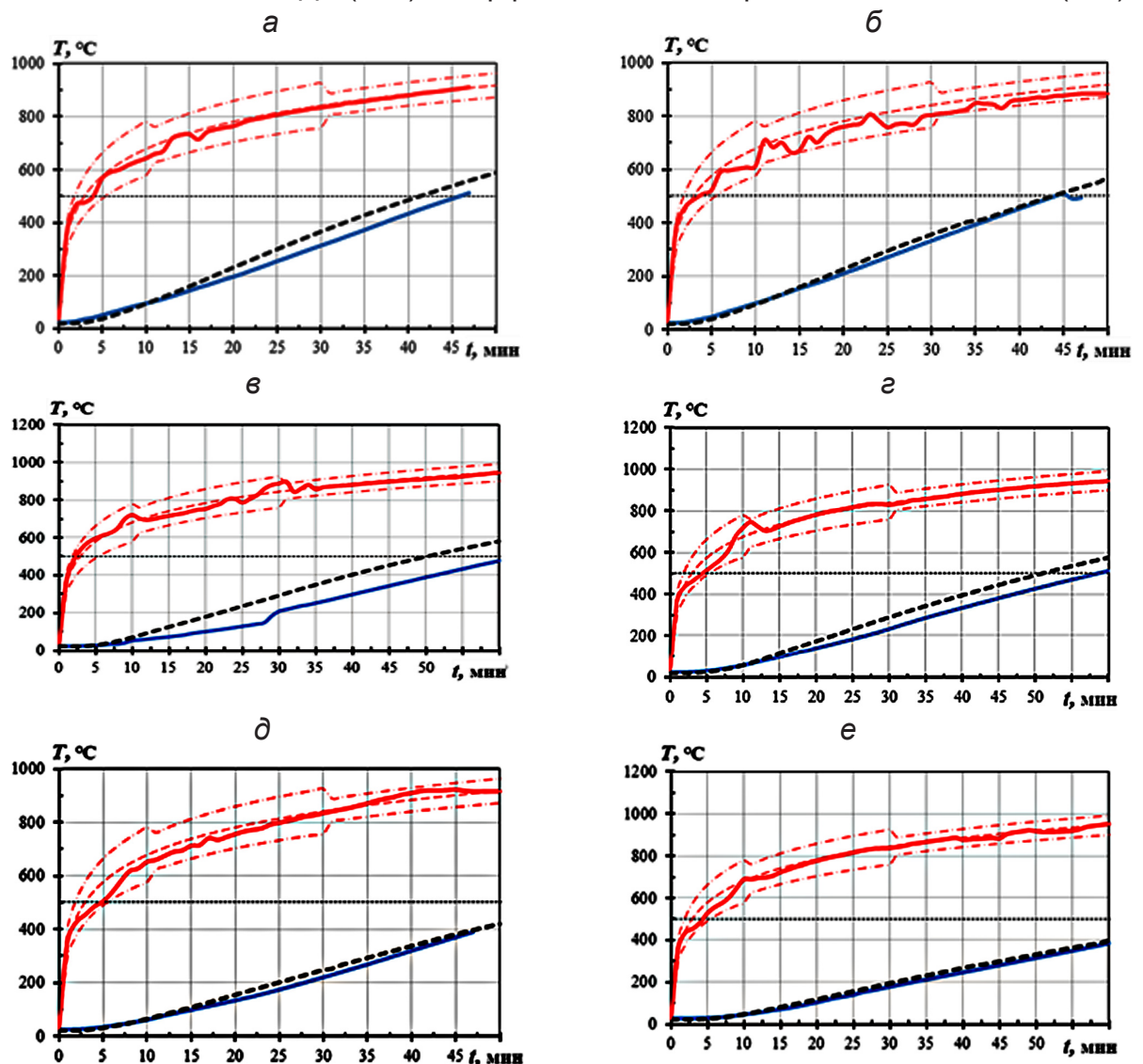
Таблица 3

**Информация об огневых испытаниях образцов колонн с огнезащитой матами «ИГНИС-мат Cover»**

Стальная конструкция	Толщина огнезащиты, мм	Начальная температура, °С	Время достижения температуры 500 °С, мин	
			эксперимент	расчет
Колонна из двутавра 20Б1	19	20	48	40,3
	19	16	59	40,1
	25	20	64	50,7
	25	20	62	50,2

Результаты измерений термомпарами температуры газовой среды в печи, а также температуры защищаемых колонн и пластин при испытаниях, представлены в табл. 2, 3 и на рис. 3. Был проведен анализ результатов этих огневых экспериментов, в ходе которого использовалась упомянутая надежная методика (программа) [19], применимая в том числе и для теплотехнических расчетов

в одномерной постановке в случаях использования понятия «приведенная толщина металла». При расчетах задавались значения температуры газовой среды в печи, фиксируемые для каждого из испытаний и приведенные в «Протоколах испытаний» (см. рис. 3). На графиках указан также допустимый диапазон изменения температуры газовой среды в печи. Принимались общепринятые для таких случаев параметры конвективного и лучистого теплообмена. При расчетах конструкций с огнезащитой матами «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover» использовалась зависимость (1) для описания изменения коэффициента теплопроводности от температуры. Удельная теплоемкость, как и ранее, принималась равной 1000 Дж/(кг·К). Из «Протоколов испытаний» заимствовано значение плотности матов (141 кг/м<sup>3</sup>). Для образцов в виде стальных пластин учитывалось наличие с их необогреваемой стороны слоя минераловатной изоляции толщиной 100 мм, для которой принимались значения плотности – 110 кг/м<sup>3</sup>, удельной теплоемкости – 1000 Дж/(кг·К), коэффициента теплопроводности – 0,062 Вт/(м·К).



**Рис. 3.** Изменение от времени  $t$  температуры газовой среды —, образцов колонн (а, б, в, г) и пластин (д, е) — с огнезащитой матами «ИГНИС-мат АЛ» толщиной 19 мм (а, б, д) и 25 мм (в, г, е) при испытаниях в огневой печи при стандартном температурном режиме: номинальные значения — — и границы допустимого изменения — . — температуры газовой среды; — — — результаты расчетов прогрева стальных конструкций; ..... — критическая для стали температура (500 °С)

Получено удовлетворительное соответствие «расчет – эксперимент» (см. рис. 3), что подтверждает достоверность указанной в статье зависимости (1) для эффективного коэффициента теплопроводности муллитокремнеземистых матов, определенной в рабочем диапазоне температур с учетом испытаний образцов на стенде лучистого нагрева. По существу, проведена валидация применяемой методики (программы) теплотехнических расчетов при использовании уточненных нами данных по теплофизическим характеристикам данного средства огнезащиты. Таким образом, подтверждается возможность и целесообразность их использования при проектировании огнезащиты, экспертизе проектных решений, а также при анализе и обобщении результатов огневых испытаний конструкций с вариантом конструктивной огнезащиты матами «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover». Следует отметить, что завышение расчетных температурных кривых прогрева конструкций по сравнению с замерами термометрами при испытаниях (см. рис. 1, 2 и табл. 2, 3), наблюдаемое в большинстве случаев сопоставления «расчет – эксперимент», можно трактовать, как обеспечение огнезащитой своих функций (при указанных ее толщинах) с некоторым запасом.

Представленные результаты подтверждают целесообразность подхода к исследованиям эффективности и характеристик огнезащитных материалов с использованием стенда лучистого нагрева или другого подобного оборудования.

Продемонстрирована также эффективность проведения анализа экспериментальных результатов, полученных в огневых печах и на лабораторном оборудовании, с использованием авторами методики теплотехнических расчетов.

### **Заключение**

На примере исследований конструктивной огнезащиты из муллитокремнеземистых матов «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover» подтверждена целесообразность оценки ее эффективности при испытаниях образцов на стенде лучистого нагрева, при которых воспроизводились условия высокотемпературного воздействия на огнезащиту по стандартному и углеводородному температурным режимам и фиксировались температурные поля в работающей огнезащите.

Получены данные, свидетельствующие о высокой термостойкости исследуемых муллитокремнеземистых материалов и отсутствии их деградации в реализованных на стенде условиях высокотемпературного воздействия (до 1150 °С). Результаты измерений температуры образцов термометрами использованы для уточнения эффективного коэффициента теплопроводности в рабочем диапазоне температур. Проведен анализ результатов испытаний по определению группы огнезащитной эффективности, подтвердивший правомерность применяемого авторами комплексного подхода к проведению исследований, предусматривающих уточнение теплофизических характеристик огнезащиты и их использование для валидации применяемой надежной методики (программы) и последующих теплотехнических расчетов. Это позволяет принимать обоснованные технические решения по огнезащите конструкций матами «ИГНИС-мат АЛ» и «ИГНИС-мат Cover» и способствует объективной экспертизе таких решений.

### **Список литературы**

1. *Гаращенко А.Н., Берлин А.А., Кульков А.А.* Способы и средства обеспечения требуемых показателей пожаробезопасности конструкций из полимерных композитов (обзор) // *Пожаровзрывобезопасность*, 2019. Т. 28, № 2. С. 9–30. DOI 10.18322/PVB.2019.28.02.9-30. EDN FLHRNA.

2. *Tambe S., Kao Y.-H., Jeng S.-M.* Development of next generation burner characteristics for fire testing of power plant materials and components. DOT/FAA/TC-13/38, Report FAA DoT USA. 2015. 52 p. URL: <https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/TC-13-38.pdf>.

3. *Андрюшкин А.Ю., Цой А.А.* О методике определения эффективности огнезащитных покрытий для стальных конструкций в условиях факельного углеводородного горения // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. № 2. С. 45–53. URL: <https://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V82/7.pdf>

4. *Kowalski R.* The use of Eurocode model of reinforcing steel behavior at high temperature for calculation of bars elongation in RC elements subjected to fire // Procedia Engineering. 2017. Vol. 193. Pp. 27–34. DOI 10.1016/j.proeng.2017.06.182.

5. *Новак С.В., Круковский П.Г., Григорьян Н.Б.* Оценка огнезащитной способности вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» стандартизированными методами // Науковий вісник: Цивільний захистта пожежна безпека. 2017. № 1 (3). С. 11–19.

6. Анализ пожарной опасности мотогондол авиационных двигателей и других пожароопасных зон; используемые методы огневых испытаний материалов и конструктивных элементов на соответствие требованиям авиационных норм / *С.Л. Барботько, О.А. Кириенко, О.С. Вольный, А.Н. Луценко* // Проблемы безопасности полетов. 2017. № 5. С. 3–24.

7. Оценка пожаробезопасности материалов авиационного назначения: анализ состояния, методы испытаний, перспективы развития, методические особенности / *С.Л. Барботько, О.С. Вольный, О.А. Кириенко, Е.Н. Шуркова* / под общ. ред. Е.Н. Каблова. Москва: Изд-во ВИАМ, 2018. 424 с.

8. *Marker T.R.* Aircraft materials fire test handbook, Revision 3 // DOT/FAA/TC-17/55, Federal Aviation Administration, Atlantic City, USA, 2019. 573 p. URL: <https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/TC17-55.pdf>.

9. Тенденции развития и методы испытаний огнезащитных покрытий / *Ю.А. Григорьев, Ю.М. Евтушенко, И.О. Кучкина, Т.А. Рудакова* // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. № 5. С. 39–44. DOI 10.31044/1813-7008-2019-0-5-39-44.

10. *Mahmud H.M.I., Mandal A., Nag S., Moinuddin K.A.M.* Performance of fire protective coatings on structural steel member exposed to high temperature // Journal of Structural Fire Engineering. 2021. Vol. 12. Pp. 193–211. DOI 10.1108/JSFE-07-2020-0025.

11. *Елисеев В.Н., Товстоног В.А.* Теплообмен и тепловые испытания материалов и конструкций аэрокосмической техники при радиационном нагреве. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 396 с.

12. *Виноградов А.В., Кульков А.А., Пашутов А.В.* О возможностях исследования характеристик и моделирования натуральных тепловых нагрузений на образцы и узлы конструкций из композиционных материалов в условиях лабораторной экспериментальной базы ОАО ЦНИИСМ // Труды МИТ: научно-технический сборник. 2014. Т. 14, Ч. 1. С. 136–144.

13. Исследования вариантов конструктивной огнезащиты на основе рулонного базальтового материала МБОР на стенде лучистого нагрева / *А.Н. Гаращенко, А.В. Виноградов, И.З. Даштиев, Н.В. Кобылков, С.А. Терехов* // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29, № 6. С. 28–39. DOI 10.18322/PVB.2020.29.06.28-39. EDN ODBBYC.

14. *Гаращенко А.Н., Кульков А.А., Страхов В.Л.* Влияние срока эксплуатации на огнезащитную эффективность вспучивающихся покрытий и огнестойкость

конструкций // *Авиационные материалы и технологии*. 2022. № 2 (67). С. 97–110. DOI 10.18577/2713-0193-2022-0-2-97-110. EDN JWYMFV.

15. Экспериментальное и расчетное моделирование огне- теплозащиты и огнестойкости конструкций и изделий в условиях высокотемпературного воздействия / *А.Н. Гаращенко, А.В. Виноградов, Н.В. Кобылков, А.А. Никольченко, Е.А. Антипов* // *Авиационные материалы и технологии*. 2022. № 3 (68). С. 84–97. DOI 10.18577/2713-0193-2022-0-3-84-97. EDN SFTQXB.

16. *Гаращенко А.Н., Антонов С.П., Виноградов А.В.* Исследование теплотехнических характеристик и эффективности конструктивной огнезащиты на основе цементных плит типа «Прозаск Файерпанель» при воспроизведении условий высокотемпературного воздействия // *Пожаровзрывобезопасность*, 2022. Т. 31, № 6. С. 13–29. DOI 10.22227/0869-7493.2022.31.06.13-29.

17. Оценка эффективности вариантов огнезащиты конструкций из полимерных композитов на стенде лучистого нагрева / *А.Н. Гаращенко, А.В. Виноградов, Л.А. Соболев, А.С. Байдовлетов, С.А. Терехов* // *Пожарная безопасность*. 2025. № 1 (118). С. 15–25. <https://doi.org/10.37657/vniipr.pb.2025.28.90.001>. EDN AFWCQT.

18. Исследование эффективности и теплотехнических характеристик гипсовых плит «ГИПРОК-ИГНИС» на стенде лучистого нагрева / *А.Н. Гаращенко, С.П. Антонов, А.В. Виноградов, Р.Е. Сидоров* // *Актуальные вопросы пожарной безопасности*. 2025. № 4 (26). С. 15–25. DOI 10.37657/vniipr.avrb.2025.93.56.002. EDN GKWCZX.

19. Теплотехнический анализ результатов огневых испытаний под нагрузкой чугунных тубингов обделок тоннелей метрополитена, обеспечение их рациональной огнезащиты и заданной огнестойкости / *А.Н. Гаращенко, А.И. Данилов, С.П. Антонов, В.В. Павлов, Н.С. Новиков* // *Пожаровзрывобезопасность*, 2022. Т. 31, № 1. С. 22–39. DOI 10.22227/0869-7493.2022.31.01.22-39.

**Статья поступила в редакцию 31.03.2026;  
одобрена после рецензирования 30.04.2026;  
принята к публикации 29.05.2026.**

**Гаращенко Анатолий Никитович** – доктор технических наук, доцент, начальник отдела АО «ЦНИИСМ».

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Московская область, Россия.

**Антонов Сергей Порфирьевич** – генеральный директор.

ООО «ПРОЗАСК», г. Москва, Россия.

**Виноградов Александр Всеволодович** – кандидат технических наук, начальник лаборатории АО «ЦНИИСМ».

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Московская область, Россия.

**Сидоров Роман Евгеньевич** – инженер-конструктор; **Шигабдинова Регина Тагировна** – инженер-конструктор.

ООО «ПРОЗАСК», г. Москва, Россия.

**Anatoly N. Garashchenko** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department.

JSC Central Scientific Research Institute of Special Mechanical Engineering (JSC TSNIISM), Khotkovo, Moscow region, Russia.

**Sergey P. Antonov** – General Director.

LLC «PROZASK», Moscow, Russia.

**Aleksandr V. Vinogradov** – Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory.

JSC Central Scientific Research Institute of Special Mechanical Engineering (JSC TSNIISM), Khotkovo, Moscow region, Russia.

**Roman E. Sidorov** – Design Engineer; **Regina T. Shigabdinova** – Design Engineer.

LLC «PROZASK», Moscow, Russia.