

УДК 614.84

DOI: <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2025.93.56.002>

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПСОВЫХ ПЛИТ «ГИПРОК-ИГНИС» НА СТЕНДЕ ЛУЧИСТОГО НАГРЕВА

*Анатолий Никитович Гаращенко<sup>1</sup>, Сергей Порфирьевич Антонов<sup>2</sup>,  
Александр Всеволодович Виноградов<sup>1</sup>, Роман Евгеньевич Сидоров<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 гипсовых плит «ГИПРОК-ИГНИС» при воспроизведении стандартного и углеводородного режимов воздействия. Продемонстрирована возможность получения с минимальными затратами дополнительных данных по эффективности гипсовых плит, а также о влиянии содержащейся в них влаги на свойства и особенности прогрева огнезащиты. Получены результаты термометрических измерений, которые можно использовать для уточнения эффективных теплофизических характеристик, необходимых для проведения теплотехнических расчетов конструкций с огнезащитой плитами «ГИПРОК-ИГНИС».

**Ключевые слова:** конструктивная огнезащита, огнезащитная эффективность, термометры, теплофизические характеристики, теплотехнические расчеты

**Для цитирования:** 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/vniipo.avpb.2025.93.56.002. EDN GKWCZX.

### STUDY OF EFFICIENCY AND THERMAL CHARACTERISTICS OF GYPSUM BOARDS «GIPROK-IGNIS» ON THE RADIANT HEATING STAND

*Anatoly N. Garashchenko<sup>1</sup>, Sergey P. Antonov<sup>2</sup>, Aleksandr V. Vinogradov<sup>1</sup>,  
Roman E. Sidorov<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.** The results of tests on the radiant heating stand for structural fire protection samples made of gypsum boards «GIPROK-IGNIS» are presented when reproducing standard and hydrocarbon exposure modes. The possibility of obtaining additional data on the effectiveness of gypsum boards, as well as on the effect of moisture contained in them on the properties and features of fire protection heating, is demonstrated. The results of thermocouple measurements have been obtained, which can be used to clarify the effective thermophysical characteristics necessary for thermal engineering calculations of structures with fire protection plates «GIPROK-IGNIS».

**Keywords:** structural fire protection, fire-retardant efficiency, thermocouples, thermophysical characteristics, thermal engineering calculations

**For citation:** Garashchenko A.N., Antonov S.P., Vinogradov A.V., Sidorov R.E. Study of efficiency and thermal characteristics of gypsum boards «GIPROK-IGNIS» on the radiant heating stand. Aktual'nye voprosy pozharnoi bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2025, no. 4, pp. 15–25. (In Russ.). DOI 10.37657/vniipo.avpb.2025.93.56.002. EDN GKWCZX.

### Введение

Актуальность исследований эффективности различных видов конструктивной огнезащиты и определения пределов огнестойкости защищаемых ими конструкций с помощью огневых экспериментов, а также теплотехнических расчетов является очевидной. Известно, что испытания конструкций с огнезащитой требуют значительных затрат времени и средств, что предопределяет целесообразность соответствующей подготовки к ним, а также необходимость получения максимального объема экспериментальной информации, применимой для последующего анализа и обобщения результатов огневых экспериментов.

В многочисленных публикациях [1–17] отмечалась и продемонстрирована целесообразность проведения предварительной оценки эффективности и характеристик материалов огнезащиты на лабораторно-стендовом оборудовании, что способствует рациональному решению задачи обеспечению заданной огнестойкости конструкций. Наиболее перспективным представляется использование оборудования, на котором условия высокотемпературного воздействия воспроизводятся с помощью радиационных панелей [1, 11–17].

По такому принципу функционирует стенд лучистого нагрева, на котором с помощью пакета мощных галогенных ламп удается с достаточной точностью воспроизводить условия воздействия и фиксировать температурные поля в работающей огнезащите и защищаемой конструкции. Описание стенда и методики проведения испытаний различных видов огнезащиты представлены в работах [1, 12–15]. На стенде исследовались образцы типичного представителя конструктивной неразлагающейся огнезащиты – базальтоволокнистого рулонного материала марки МБОР-20Ф [13, 15] и влагосодержащего материала – цементных плит «ПРОЗАСК Файерпанель» [16]. В статье представлены результаты серии подобных испытаний другого влагосодержащего материала – гипсовых плит «ГИПРОК-ИГНИС».

Для теплотехнических расчетов, кроме наличия надежной и доступной методики (компьютерной программы) расчетов температурных полей в конструкциях с огнезащитой, необходимы теплофизические характеристики (ТФХ) материала конструктивной огнезащиты в рабочем диапазоне температур. При относительно низких температурах удельная теплоемкость и коэффициент теплопроводности могут определяться на лабораторных теплофизических установках по стандартизованным методикам, а при высоких температурах – расчетным путем при решении обратной задачи теплопроводности с использованием результатов термодинамических измерений при испытаниях образцов при высокотемпературном воздействии (в нашем случае на стенде лучистого нагрева). Целесообразно рассматривать ТФХ гипсовых плит, как и других материалов конструктивной огнезащиты, в качестве эффективных характеристик, что позволяет косвенно учитывать сложные процессы, происходящие при нагреве материала, а также особенности теплопередачи в нем.

Такой подход позволяет использовать относительно простую компьютерную программу расчетов температурных полей в конструкциях с огнезащитой,

разработанную в результате численной реализации общеизвестной системы нелинейных уравнений нестационарной теплопроводности с краевыми условиями. В случае использования эффективных ТФХ материалов математическую модель можно не отягощать дополнительными членами в уравнениях теплопроводности и не дополнять исходную систему уравнений соответствующими замыкающими соотношениями для учета сложных процессов тепломассопереноса, происходящих в данном случае во влагосодержащих материалах при нагреве. Верификация такой применяемой нами программы была проведена в свое время в специализированном центре по сертификации программных продуктов.

Ранее с использованием стенда лучистого нагрева нами была получена предварительная информация по эффективности цементных плит «ПРОЗАСК Файерпанель», что позволило уточнить их характеристики и прогнозировать огнестойкость защищаемых ими конструкций [16]. Было рассмотрено, в частности, влияние влаги, содержащейся в материале, на особенности прогрева и эффективность огнезащиты. Наличие таких ТФХ повышает качество теплотехнических расчетов и способствует разработке оптимальных технических решений по огнезащите. Появляется, в частности, возможность объективного анализа и переноса на другие условия результатов, полученных как при испытаниях образцов на лабораторно-стендовом оборудовании, так и при огневых испытаниях конструкций с огнезащитой.

Наряду с получением информации по огнезащитной эффективности плит «ГИПРОК-ИГНИС», в дальнейшем предполагается использовать результаты измерений при испытаниях для уточнения эффективных теплофизических характеристик и обеспечения должного соответствия «расчет – эксперимент», что будет свидетельствовать о валидации используемой программы расчетов для данного средства огнезащиты.

### **Материалы и методы**

Гипсовые плиты «ГИПРОК-ИГНИС», как и ранее исследованные нами плиты на цементном вяжущем «ПРОЗАСК Файерпанель», в настоящее время успешно используются в качестве конструктивной огнезащиты. Определялись эксплуатационные, прочностные и прочие характеристики, подтверждающие возможность и целесообразность применения гипсовых плит, разработаны схемы их крепления на типовые строительные конструкции из стали, железобетона и древесины. Для оценки (подтверждения) работоспособности и эффективности такой огнезащиты, а также определения пределов огнестойкости защищаемых ими конструкций проводились огневые испытания образцов колонн, балок, перекрытий, стеновых и прочих панелей. Для несущих конструкций проводились испытания в огневых печах под нагрузкой со штатными элементами крепления плит, работоспособность которых также подтверждалась при таких испытаниях.

Дополнительно к огневым экспериментам проведена серия испытаний образцов гипсовых плит «ГИПРОК-ИГНИС» на стенде лучистого нагрева при воспроизведении стандартного и углеводородного температурных режимов. Объектом испытаний являлись образцы, состоящие из двух и трех слоев гипсовых плит «ГИПРОК-ИГНИС» толщиной 13 мм. Размер образцов – 300 × 200 мм, что существенно меньше, чем зона нагрева пакетом ламп. Все плиты ориентировались лицевой поверхностью в сторону нагрева. Защищаемым элементом являлась пластина из стали толщиной 3 мм такого же размера. Огнезащитные плиты скреплялись со стальной пластиной и между собой с помощью саморезов. Предусмотрена теплоизоляция на необогреваемой стороне образцов базальтоволокнистым матом толщиной 30 мм.

Проводилось измерение уровня прогрева образцов огнезащиты хромель-копелевыми или хромель-алюмелевыми термопарами, установленными на нагреваемой поверхности (для оценки уровня ее нагрева и регулирования режима), между слоями плит, а также на границе: огнезащита – стальная пластина и стальная пластина – теплоизоляция (по две термопары 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 относительно низкой теплопроводностью, что минимизирует теплопередачу по периметру образца.

Соответствующее изменение температуры поверхности образцов при воспроизведении стандартного и углеводородного режимов воздействия обеспечивалось за счет изменения мощности нагревателя. Продолжительность воздействия зависела от реализуемого режима и толщины огнезащиты, т. е. от количества плит в образце. По аналогии с проведенными ранее испытаниями [16] для оценки влияния влаги, содержащейся в образцах огнезащиты, на динамику и уровень их нагрева предусмотрены повторные испытания, которые проводились после охлаждения стенда, т. е. после удаления из плит влаги в ходе предыдущего эксперимента. Как и ранее для цементных плит [16], была предусмотрена оценка теплофизических характеристик плит на лабораторных установках при относительно низких температурах.

### Результаты исследований и их обсуждение

В таблице представлена информация по испытаниям на стенде четырех образцов, состоящих из двух или трех слоев плит «ГИПРОК-ИГНИС». Два испытания проводились при воспроизведении высокотемпературного воздействия по стандартному температурному режиму и два – по углеводородному режиму. Для оценки влияния влаги, содержащейся в исследуемых плитах, на их прогрев предусмотрены повторные испытания каждого из образцов, после охлаждения стенда без демонтажа этих образцов, т. е. после удаления из них влаги (см. таблицу). Таким образом, всего было проведено восемь испытаний. Фиксация показаний термопар проводилась с помощью компьютера, вид экрана которого в ходе одного из испытаний показан на рис. 1.

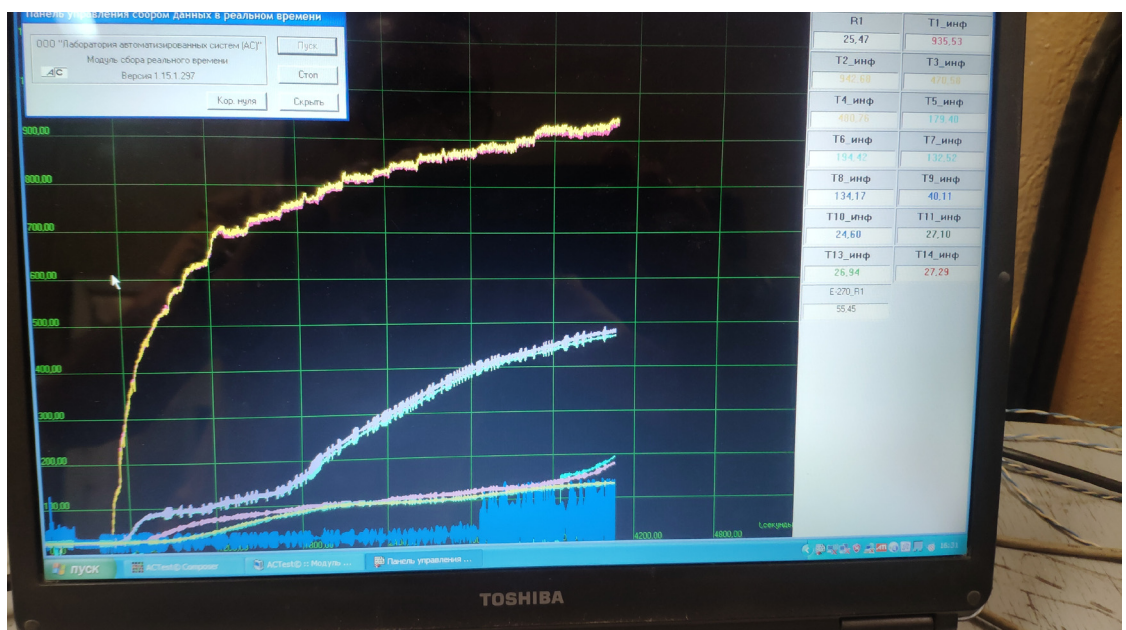


Рис. 1. Экран компьютера с показаниями термопар в ходе одного из испытаний

## Информация об испытаниях образцов плит «ГИПРОК-ИГНИС» на стенде лучистого нагрева

№ п/п	Режим воздействия	Количество плит в образце	Время интенсивного воздействия, мин	Максимальная температура к концу воздействия, °С		Температурные кривые
				между плитами	стальной пластины	
1	Стандартный	2	65,5	593	423	Рис. 2а, 3а
2*			63,8	631	498	Рис. 3а
3		3	66,1	226; 494	142	Рис. 2б, 3б
4*			62,8	427; 596	302	Рис. 3б
5	Углеводородный	2	51,8	701	518	Рис. 2в, 3в
6*			52,2	597	580	Рис. 3в
7		3	65,8	503; 704	359	Рис. 2г, 3г
8*			66,1	226; 494	142	Рис. 3г

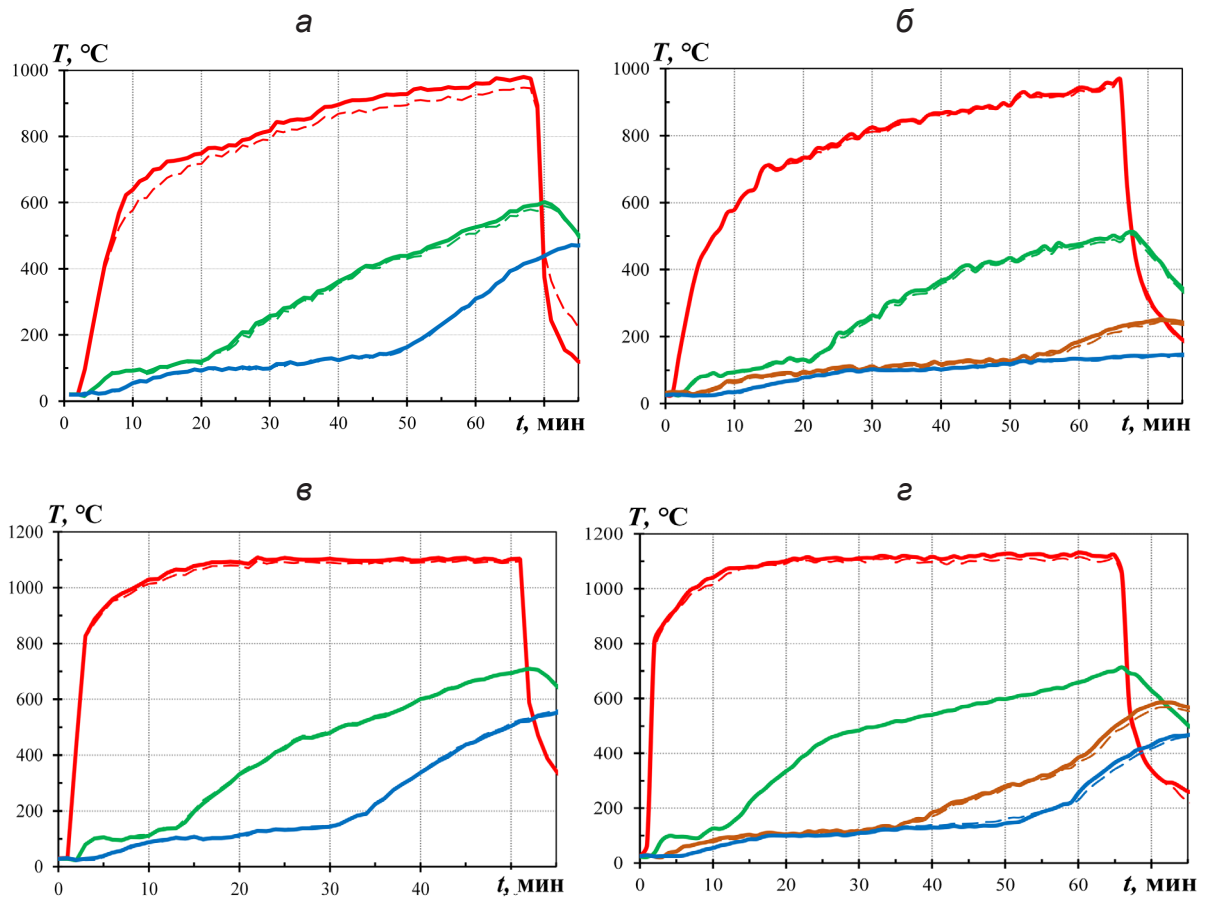
\* Повторное испытание после охлаждения стенда с образцом

Кривые измерения температуры при испытаниях представлены на рис. 2, 3. На графиках приведены показания термопар, установленных как на поверхности огнезащиты, так и в самих образцах. В каждом эксперименте после окончания интенсивного воздействия запись продолжалась, и регистрировалось перераспределение температуры по толщине образца при его охлаждении.

На рис. 2 представлены результаты термопарных измерений в ходе испытаний двух образцов при воспроизведении стандартного температурного режима и двух – при воспроизведении углеводородного температурного режима. Следует отметить, что только незначительное число термопар вышло из строя, причем показания термопар, установленных в каждой контрольной зоне, как правило, мало отличались, что свидетельствует о стабильности измерений. Это демонстрирует рис. 2, на котором показания второй термопары обозначены пунктирными кривыми, и обе кривые в большинстве случаев практически совпадают.

На рис. 3 дается сопоставление результатов термопарных измерений в ходе основных испытаний с результатами измерений в ходе повторных испытаний этих же образцов после их охлаждения вместе со стендом. Все кривые на них получены в результате осреднения показаний термопар, установленных в каждой зоне образцов. Визуальный осмотр образцов после испытаний показал, что их целостность сохраняется, наблюдается только появление небольшой сетки трещин на их поверхности. Несколько большее растрескивание зафиксировано после повторных испытаний, однако и после них образцы сохранили целостность.

Анализ результатов измерений температуры показал следующее. Вид кривых на рис. 2 характерен для прогрева влагосодержащих материалов и обусловлен рассмотренным в статье [18] комплексом сложных процессов теплопереноса в процессе нагрева исследуемых плит на гипсовой основе (испарение влаги, дегидратация компонентов, диффузия образовавшегося пара и его конденсация в «холодной» зоне, последующее кипение вторичной влаги и диффузия пара). Фиксируется так называемая «полка» или «плато» на уровне 100 °С, что обусловлено кипением конденсата. Подобный вид температурных кривых характерен также для испытаний конструкций с рассматриваемым вариантом огнезащиты в огневых печах.

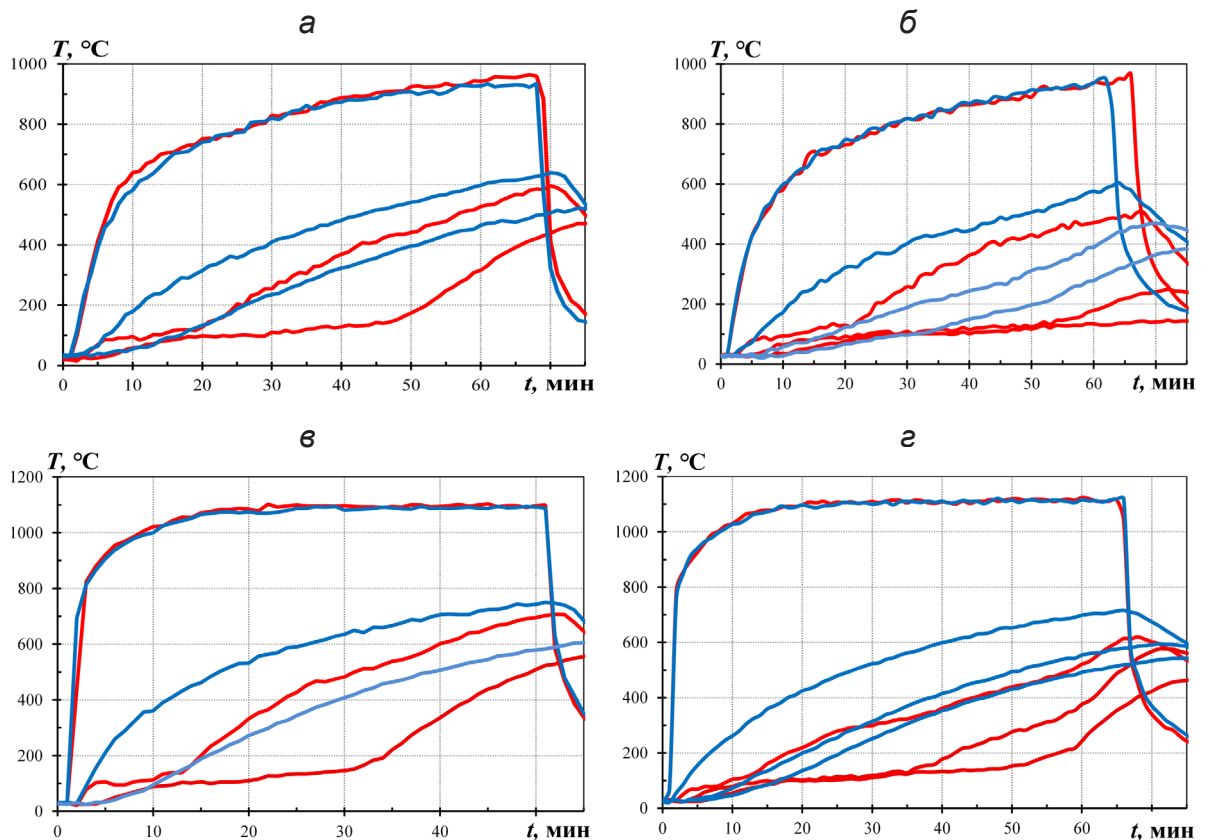


**Рис. 2. Показания всех термопар при испытаниях образцов огнезащиты, состоящих из двух (а, в) и трех (б, г) слоев гипсовых плит, при воспроизведении стандартного температурного режима**

**(а, б – опыты № 1 и № 3) и углеводородного температурного режима (в, г – опыты № 5 и № 7):**

**—, - - - – поверхность огнезащиты; —, - - - – стальная пластина —, - - - – между первым и вторым слоями плит; —, - - - – между вторым и третьим слоями плит**

Как отмечалось ранее в работе [16], влияние влаги удобно рассматривать, сравнивая осредненные показания термопар в ходе основного и повторного (после ее удаления) испытания, что продемонстрировано для исследуемого материала на рис. 3. Можно отметить, что в ходе обоих испытаний каждого образца были обеспечены практически одинаковые условия воздействия, о чем свидетельствуют показания поверхностных термопар. Это облегчает проведение анализа полученных результатов. Сопоставление кривых для основных и повторных испытаний показало, что после удаления влаги из образцов их прогрев существенно возрастает. При этом, естественно, отсутствует полка (плато) на уровне 100 °С. Можно отметить, что для гипсовых плит влияние влаги на снижение уровня прогрева защищаемого элемента и огнезащиты оказалось значительно бóльшим (см. таблицу и рис. 3), чем влияние, выявленное нами ранее для цементных плит «ПРОЗАСК Файерпанель» [16].



**Рис. 3. Сопоставление осредненных результатов термпарных измерений в ходе испытаний образцов, состоящих из двух (а, в) и трех (б, г) гипсовых плит, при воздействии по стандартному (а, б) и углеводородному (в, г) температурному режиму в ходе основных испытаний (—) (см. рис. 2), а также повторных испытаний (—) образцов после их охлаждения**

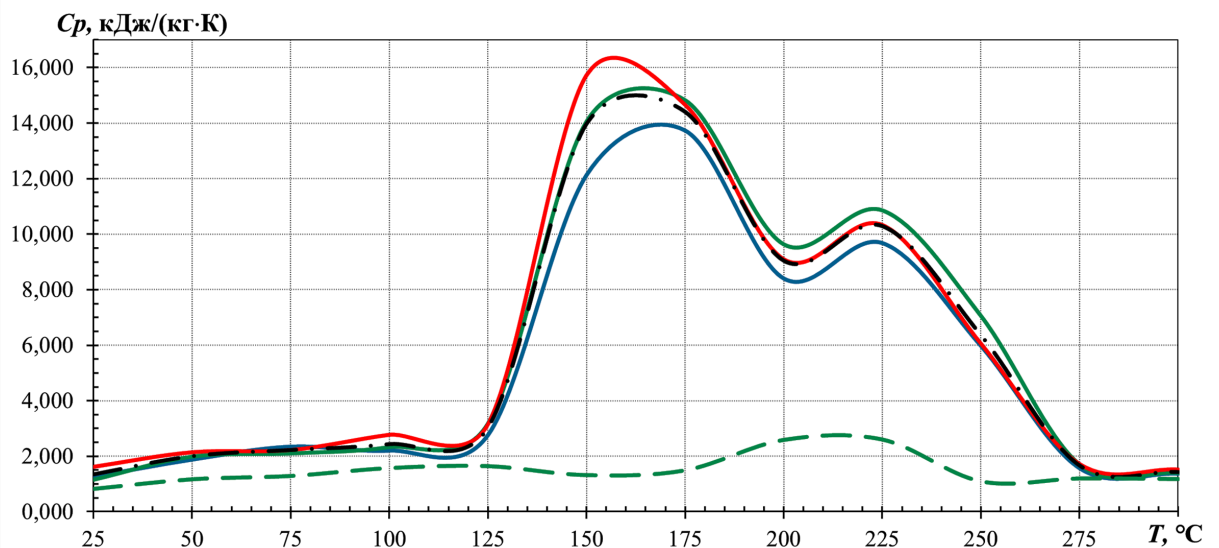
Следует отметить важность получения результатов не только при стандартном, но и при углеводородном, т. е. наиболее жестком режиме воздействия. Кроме демонстрации возможностей стенда и получения результатов, востребованных для определения ТФХ плит в рабочем диапазоне температур, они показали, что плиты «ГИПРОК-ИГНИС» обладают достаточно высокой термостойкостью и эффективностью. Сопоставление полученных результатов показывает, насколько отличается уровень прогрева огнезащиты и защищаемой конструкции при различных режимах (см. рис. 2 и таблицу). Естественно, решение о возможности и целесообразности использования гипсовых плит должно приниматься после огневых испытаний конкретных (или аналогичных) конструкций с такой огнезащитой при действии заданных силовых и тепловых нагрузок.

Можно отметить, что в ФГБУ ВНИИПО планируется проведение подобных лабораторно-стендовых испытаний образцов при лучистом нагреве. Только вместо пакета галогенных ламп будет использоваться греющая панель из раскаленных спиралей. При отработке этой методики могут быть использованы результаты испытаний и учтены особенности воспроизведения режимов нагрева и измерения температуры образцов на стенде лучистого нагрева.

Проводимые нами экспериментальные исследования включали также определение коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости гипсовых плит при относительно низких температурах стандартизованными лабораторными методами. Уточнена исходная плотность исследуемых плит, она составила

896 кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент теплопроводности определялся на приборе ИТ-λ-400 по ГОСТ 23630.2-79 в диапазоне температур от 25 до 300 °С. Использовались образцы диаметром 15 мм и высотой 4 мм. Установлено практически линейное изменение коэффициента теплопроводности от значения 0,34 Вт/м·К при температуре 25 °С до значения 0,25 Вт/м·К при температуре 300 °С.

Определение удельной теплоемкости проводилось на приборе ИТ-Ср-400 по ГОСТ 23630.1-79 в диапазоне температур от 25 до 300 °С (сравнительный метод динамического калориметра). Использовались образцы диаметром 15 мм и высотой 10 мм. Получены зависимости эффективной удельной теплоемкости от температуры, представленные на рис. 4. Приведена также кривая, полученная осреднением результатов испытаний трех образцов. Обращает на себя внимание резкое увеличение эффективной удельной теплоемкости при температурах выше 120 °С. Максимальное значение зафиксировано при температуре порядка 160 °С. После постепенного снижения зафиксирован второй пик при температуре порядка 220 °С с последующим ее снижением. Как следует из зарубежных и отечественных публикаций, значительное увеличение этого показателя характерно для влагосодержащих материалов. Однако максимальное значение этого параметра, полученное для гипсовых плит, превосходит его начальный уровень в восемь раз, что значительно выше трехкратного его увеличения, зафиксированного нами для цементных плит «ПРОЗАСК Файерпанель» [16]. На рис. 4 представлена также кривая изменения рассматриваемой характеристики, полученная после охлаждения одного из испытанных образцов, т. е. после удаления из него влаги. Эти результаты однозначно свидетельствуют, что значительный рост эффективной удельной теплоемкости в диапазоне температур 120–275 °С обусловлен влиянием содержащейся в плитах влаги.



**Рис. 4. Результаты определения температурной зависимости эффективной удельной теплоемкости плит «ГИПРОК-ИГНИС» на приборе ИТ-Ср-400 для трех образцов (—, —, —), осредненная кривая по трем образцам (— · — · —), а также кривая после удаления влаги из одного из образцов (— · — · —)**

Представленная в статье экспериментальная информация позволяет уточнить значения эффективных ТФХ плит «ГИПРОК-ИГНИС» в рабочем диапазоне температур (в том числе, выше 300 °С). Для этого предполагается решать обратную задачу теплопроводности с использованием результатов терморпарных измерений на стенде лучистого нагрева. Ранее подобная обработка результатов

испытаний образцов на стенде лучистого нагрева с определением таких ТФХ проводилась для цементных плит «ПРОЗАСК Файерпанель» [16] и базальтоволокнистого рулонного материала марки МБОР-20Ф [15]. При этом использовалась упомянутая апробированная методика и компьютерная программа, предназначенная для расчетов в одномерной постановке температурных полей в многослойной пластине.

### Заключение

На примере исследуемых гипсовых огнезащитных плит подтверждена целесообразность оценки эффективности конструктивной огнезащиты при испытаниях образцов на стенде лучистого нагрева, на котором с достаточной точностью воспроизводились и фиксировались условия высокотемпературного воздействия на огнезащиту и температурные поля в работающей огнезащите. Получены данные о влиянии влаги, содержащейся в плитах, на особенности их прогрева. Представленные результаты термометрических измерений можно использовать для уточнения эффективных теплофизических характеристик в рабочем диапазоне температур, необходимых для проведения теплотехнических расчетов конструкций с огнезащитой плитами «ПРОЗАСК Файерпанель».

### 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 захист та 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 Citi, 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. Елисейев 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- и теплозащиты композиционных материалов 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/vniipo.pb.2025.28.90.001>. EDN AFWCQT.

18. Strakhov V.L., Garashchenko A.N., Kuznetsov G.V., Rudzinskii V.P. High-temperature heat and mass transfer in a layer of moisture-containing fireproof material // High Temperature. 2000. Vol. 38. Issue 6. Pp. 921–925. DOI 10.1023/a:1004149625276.

**Статья поступила в редакцию 15.09.2025;  
одобрена после рецензирования 20.10.2025;  
принята к публикации 07.11.2025.**

**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 «ЦНИИИСМ».

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

**Сидоров Роман Евгеньевич** – 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.

LLC «PROZASK», Moscow, Russia.