

УДК 699.941, 624.07, 699.81

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-7-19](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-7-19)

EDN: ABSXUU

# ОЦЕНКА СОВМЕСТИМОСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ПО МЕТАЛЛУ С ГРУНТОВОЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ

Ю.В. КРИВЦОВ, д-р техн. наук  
И.Р. ЛАДЫГИНА, канд. техн. наук  
М.А. КОМАРОВА, канд. хим. наук  
А.У. ХАЙДАРОВ  
Г.П. ЕРЕМИНА  
Ю.М. ГРОШЕВ✉, канд. техн. наук

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко  
АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

## Аннотация

*Введение.* В данной статье рассмотрены вопросы планирования работ по огнезащите металлоконструкций, в том числе необходимость правильного выбора грунтовочного покрытия, что позволит избежать проблем в будущем, сэкономить время и средства, а примененное огнезащитное покрытие будет сохранять прочность на долгие годы. Показано, что для максимальной эффективности применения огнезащитных материалов необходимо уделять должное внимание совместимости материалов при создании проектов и технологии нанесения покрытий.

*Цель работы* – установление актуальных требований к содержанию и последовательности проведения работ по оценке совместимости огнезащитных составов с примененной грунтовкой металлических конструкций.

*Материалы и методы.* Проведена оценка совместимости огнезащитных материалов с грунтовками с помощью сертифицированного и поверенного лабораторного оборудования. Приведено описание современного лабораторного комплекса для проведения испытаний.

*Результаты.* Приведены результаты работ по проверке совместимости огнезащитных материалов с грунтовками. Комплексное покрытие должно оцениваться на наличие или отсутствие дефектов, на его критичность при последующей эксплуатации, также определяется степень адгезии между слоями лакокрасочной системы и оценивается способность покрытия сопротивляться влиянию неблагоприятных факторов окружающей среды. На основании полученной информации даются рекомендации о допустимости совместного использования тех или иных лакокрасочных материалов.

*Выводы.* Обосновано, что для максимальной эффективности применения огнезащитных материалов и достижения главной цели – длительной огнестойкости конструкций – необходимо уделять особое внимание совместимости материалов при создании проектов и технологии нанесения покрытий.

**Ключевые слова:** совместимость огнезащитных составов, огнезащитное покрытие, огнезащитная эффективность покрытия, грунтовка металлоконструкций

**Для цитирования:** Кривцов Ю.В., Ладыгина И.Р., Комарова М.А., Хайдаров А.У., Еремина Г.П., Грошев Ю.М. Оценка совместимости огнезащитных составов по металлу с грунтовочными покрытиями для достижения

максимальной эффективности средств огнезащиты. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2023;38(3);7–19. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-7-19](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-7-19)

#### **Вклад авторов**

Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

#### **Финансирование**

Исследование выполнялось за счет средств ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство».

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Поступила в редакцию 30.06.2023*

*Поступила после рецензирования 26.07.2023*

*Принята к публикации 01.08.2023*

## **ASSESSMENT OF COMPATIBILITY OF METAL FIRE-PROOF COMPOSITIONS WITH PRIMER COATINGS TO MAXIMIZE EFFECTIVENESS OF FLAME RETARDANTS**

Yu.V. KRIVTSOV, Dr. Sci. (Engineering)

I.R. LADYGINA, Cand. Sci. (Engineering)

M.A. KOMAROVA, Cand. Sci. (Chem.)

A.U. KHAYDAROV

G.P. EREMINA

Yu.M. GROSHEV✉, Cand. Sci. (Engineering)

*Research Institute of Building Constructions (TSNIIISK) named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation*

#### **Abstract**

*Introduction.* The present paper considers the issues of work planning for fire protection of steel structures, including the correct selection of primer coating in order to avoid potential problems, to save time and budget, as well as to ensure long-term durability of the structures due to the applied fire protection coating. The compatibility of materials appears to be essential when creating projects and coating technology to maximize the effectiveness of fire-proof materials.

*Aim.* To establish the relevant requirements for the scope and sequence of work in assessing the compatibility of fire-proof compositions with the applied primer of steel structures.

*Materials and methods.* The compatibility of flame retardants with primers was assessed using certified and verified laboratory equipment. The paper describes a modern laboratory facility for testing.

*Results.* The results of testing compatibility of flame retardants with primers are presented. The coating system should be evaluated for the defects, its criticality in the subsequent operation, the degree of coating interlayer adhesion, and the ability of the coating to resist adverse environmental effects. Following the obtained information, recommendations are given on the compatibility of certain coating materials.

*Conclusion.* The study demonstrated the significance of material compatibility when creating projects and coating application technology to ensure maximum effectiveness of flame retardants and to tackle the crucial task — providing long-term fire resistance of structures.

**Keywords:** compatibility of fire-proof compositions, flame-retardant coating, flame-retardant efficiency of the coating, primer for steel structures

**For citation:** Krivtsov Yu.V., Ladygina I.R., Komarova M.A., Khaydarov A.U., Eremina G.P., Groshev Yu.M. Assessment of compatibility of metal fire-proof compositions with primer coatings to maximize effectiveness of flame retardants. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2023;38(3):7–19. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-7-19](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-7-19)

#### **Author contribution statements**

All authors made equal contributions to the study and the publication.

#### **Funding**

The research was supported by TSNISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction.

#### **Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

*Received 30.06.2023*

*Revised 26.07.2023*

*Accepted 01.08.2023*

## **Введение**

Вопросам устройства огнезащиты с помощью огнезащитных красок, лаков и обмазок в настоящее время уделяется большое внимание. Методика устройства огнезащиты, несмотря на простоту и высокую технологичность, имеет свои особенности, которые необходимо учитывать. Это поможет не допустить снижения качества огнезащитного покрытия и разрушения огнезащитного покрытия в процессе эксплуатации.

Стоит обратить внимание на то, что подготовку поверхностей защищаемых конструкций следует проводить в соответствии с ГОСТ. Чтобы осуществлять устройство огнезащиты, специалисты обязаны пройти обучение по использованию огнезащитных материалов.

Четкое планирование работ по огнезащите металлоконструкций и правильный выбор грунтовочного покрытия сэкономят временные и денежные затраты, а использованное огнезащитное покрытие сохранит свою эффективность на протяжении многих лет. Особенно важно правильно выбрать грунтовку, учитывая, что ее тип должен соответствовать условиям применения, типу огнезащитной краски, а также металлу, на который она будет наноситься.

## **Грунтовка по металлу**

Известно, что грунтовка по металлу является необходимым этапом работ по огнезащите металлоконструкций. Перед нанесением огнезащитной краски на поверхность металлоконструкции в обязательном порядке необходимо провести определенные подготовительные работы, в первую очередь – нанесение грунтовки. Это позволит облегчить нанесение огнезащитной краски на поверхность металлоконструкции и повысить качество и долговечность огнезащитного покрытия.

Самыми распространенными грунтовками являются:

*Алкидная.* Основа – алкидные лаки, содержащие стабилизаторы и присадки. Имеют двойную защиту (наружную и внутреннюю) и быстро сохнут.

*Ортофосфорная.* Основа – кислота. Используется по покрытиям с ржавчиной, обеспечивает защиту металла и восстанавливает поверхность (преобразовывает окислы в неагрессивный продукт).

*Акриловая вододисперсионная.* Может использоваться без дальнейшего покрытия финишным слоем краски (если состав краски кислотный) или как быстросохнущая основа для лакокрасочных материалов.

*Эпоксидная.* Применяется для конструкций, используемых в условиях повышенной влажности. Эпоксидные грунтовки по металлу отличаются большим уровнем защиты от влажности и прочих атмосферных воздействий [1].

## **Особенности грунтовки металлоконструкций при выполнении огнезащиты**

Основные виды грунтовок по металлу:

- *изолирующая* – оптимальный вид грунтовки для применения на черных металлах. При ее применении не допускается попадание на покрытие влаги и воздуха за счет специальных веществ, которые в свою очередь образуют защитный слой-пленку на поверхности. Чаще всего в изолирующую грунтовку входят цинковые белила и железный сурик;

- *ингибирующая* грунтовка – наиболее распространенный вид. Содержит в составе вещества, замедляющие процесс коррозии. Важно, что металл в данном случае получает дополнительный защитный слой – грунт-эмаль. Можно применять и для защиты металлоконструкций, эксплуатируемых в агрессивной среде;

- *пассивирующая* грунтовка содержит в своем составе специальные пигменты, которые начинают частично растворяться, взаимодействуя с водой, образуя при этом защитную оксидную пленку. Эта пленка предохраняет металл от коррозии. Данный процесс называется пассивированием (или пассивацией) металла, при котором снижается электрохимическая активность поверхности;

- *фосфатирующая* грунтовка применяется при нанесении на цветные металлы в случаях, когда огнезащитное покрытие контактирует с влагой (присутствует повышенный риск возникновения коррозии). Содержит ортофосфорную кислоту, вызывающую процесс фосфатирования, который улучшает взаимодействие огнезащитной краски с поверхностью;

- *протекторная* грунтовка используется для покрытия стальных изделий, которые подвержены контакту с водой (например, погружаемых в водоемы). В состав, как правило, входят такие металлические пигменты, как цинк, свинец, магний;

- *преобразователи ржавчины.* В составе этой грунтовки содержится ортофосфорная кислота, помогающая в борьбе с ржавчиной уже после ее появления, при этом превращая образовавшийся налет в фосфаты железа.

Особое внимание стоит уделить подготовке поверхности металлоконструкций к нанесению выбранного вида грунтовки. Необходимо снять старую огнезащитную краску, окалину и ржавчину, после чего очистить поверхность металлической конструкции от пыли и загрязнений, а также обезжирить ее растворителем.

Нанесение грунтовки на поверхность металлоконструкции может осуществляться любым удобным способом – валиком, кистью или методом безвоздушного распыления. Высушивание обработанной грунтовкой металлической поверхности перед нанесением огнезащитной краски является обязательным этапом подготовки.

## **Описание лабораторного комплекса для исследований ЛКП в соответствии с отечественными и международными стандартами (ГОСТ, ISO)**

### **1. Применяемые инструменты и оборудование:**

- оценка внешнего вида покрытий (ГОСТ 9.407-2015 [2], ГОСТ 25706-83 [3], ГОСТ 7048-81 [4]) – бинокль, монокль лупы (с 5–10-кратным увеличением); инспекционные поворотные зеркала;
  - измерение толщины покрытий к металлическим основаниям (ГОСТ 31993-2013 [5]) – магнитный толщиномер покрытий типа Salu Tron D4/D5;
  - измерение температуры и влажности воздуха – термометр ртутный (от –50 до +50 °С);
  - измерение глубины, ширины и длины трещин, зазоров (ГОСТ 166-89 [6], ТУ 3936-214-54769955-2008 [7]) – штангенциркуль ШЦ-1 с ценой деления не менее 0,1 мм;
  - термический анализ образцов лакокрасочных покрытий (ГОСТ Р 53293-2009 [8]);
  - термоанализатор синхронный модификации STA 449 F5 Jupiter STA, 60486-15, Германия.
- Отбор проб лакокрасочных покрытий проводится при помощи строительных ножей.

### **2. Обследование проводилось в три этапа, связанных между собой:**

- подготовка к проведению обследования, подбор, изучение и анализ представленных исходных данных (проектной и исполнительной документации);
- визуальное обследование;
- детальное (инструментальное) обследование.

### **3. Оценку технического состояния ЛКП проводили на основе совокупности визуального и инструментального обследований:**

- соответствие внешнего вида антикоррозионных покрытий требованиям НТД;
- сопоставление фактических толщин с проектными значениями;
- соответствие реальной адгезии (качественной) антикоррозионных покрытий с поверхностью металлических конструкций требованиям НТД;
- наличие дефектов и коррозии металла;
- результаты лабораторных испытаний контрольных образцов термоаналитическими методами;
- результаты испытаний покрытия.

### **4. Визуальный контроль основывался на оценке внешнего вида покрытия путем осмотра. При осмотре металлических конструкций, которые защищены антикоррозионными составами, образующими на поверхности объекта слой покрытия, определялось соответствие поверхности покрытия требованиям технической документации на применение состава и наличие:**

- необработанных мест;
- трещин, отслоений, вздутий, осыпаний;
- посторонних пятен, инородных включений и других повреждений.

Особое внимание обращалось на места соединений элементов конструкций и труднодоступные места для нанесения лакокрасочного материала.

### **5. При оценке соответствия показателей толщины и адгезии ЛКП проводился выборочный контроль с использованием контрольно-измерительных приборов:**

- измерение толщины ЛКП, нанесенного на металлическую поверхность, проводилось по ГОСТ Р 51694 [9] по неразрушающему методу магнитным толщиномером Salu Tron D4/D5 с требуемым диапазоном измерения и погрешностью измерения не выше 3 %;

– качественные показатели адгезии ЛКП определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 15140 [10]. Адгезия лакокрасочных покрытий должна быть не более двух баллов, т. е. присутствует незначительное отслаивание покрытия в местах пересечения решетки, а разрушения наблюдаются не более чем на 5 % площади поверхности решетки.

6. Качественная оценка наличия адгезии ЛКП к стальным конструкциям определялась методом решетчатого надреза по ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013) [11]. Объем оценки – четыре контрольных точки. Решетчатые надрезы выполнялись до окрашиваемой поверхности однолезвийным режущим инструментом с последующим нанесением клейкой ленты, которая удалялась через 5 минут под углом 60° вместе с отслоившимися участками покрытия. Степень разрушения лакокрасочных покрытий определялась в баллах, используя ГОСТ [11]. Для измерения адгезии применялись следующие инструменты и материалы: линейка металлическая, однолезвийный режущий инструмент и прозрачная липкая лента в соответствии с требованиями ГОСТ [11].

7. Количественные показатели адгезии ЛКП определяли в соответствии с требованиями ISO 16276-1:2007 [12]. Результатом испытания является усилие отрыва, необходимое для нарушения адгезии или когезии в испытуемом покрытии. Возможно также смешанное разрушение – адгезия/когезия. На испытываемые стальные конструкции с антикоррозионным покрытием приклеивались металлические заготовки (грибки) диаметром 20 мм с помощью клея «Момент». Приклеенные образцы после отверждения клея испытывали на отрыв с помощью адгезиметра – гидравлического автоматического Elcometer 510 мод. F510-20T, измеряя усилие, необходимое для отрыва покрытия от металлической поверхности.

8. Диэлектрическую сплошность ЛКП определяли электроискровым методом по ГОСТ 34395-2018 [13] с помощью электроискрового дефектоскопа Elcometer 266. Метод используется для обнаружения нарушений сплошности диэлектрического покрытия на электропроводящих основаниях (сквозных пор и трещин в ЛКП). Основан на фиксации дефектоскопом электрического пробоя дефекта диэлектрического покрытия высоким напряжением, приложенным между расположенными на покрытии электродом и токопроводящим основанием.

9. Термический анализ (ТА) образцов лакокрасочных покрытий проводился в соответствии с ГОСТ Р 53293-2009 [8] с использованием методов: термогравиметрического (ТГ), термогравиметрического по производной (ДТГ) и дифференциально-термического анализа (ДТА). Для получения идентификационных характеристик образцов применяли автоматизированный прибор термического анализа – термоанализатор синхронный модификации STA 449 F5 Jupiter STA 60486-15 (Германия), имеющий программное обеспечение для обработки результатов.

Идентификацию проводили путем сравнения количества ДТГ-максимумов и всех значимых характеристик, определенных для каждого образца покрытия, поступившего на испытания.

## **Контроль качества огнезащитных покрытий**

Принятая рабочей документацией методика проведения контроля качества нанесенных огнезащитных покрытий и определения их эксплуатационной пригодности разработана специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Работы по контролю качества, идентификации и определению эксплуатационной пригодности нанесенных огнезащитных покрытий должны выполняться в соответствии с требованиями [8, 14–16].

Для организации контроля качества огнезащитных работ могут быть привлечены:

- сотрудники судебно-экспертных учреждений ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по субъектам Российской Федерации;
- представители организации, на объектах которой проводились огнезащитные работы;
- представители организации, аккредитованной в области испытаний средств огнезащиты, имеющие опыт в проведении испытаний не менее одного года (целесообразно привлекать представителей организаций, имеющих возможность проведения идентификации и контроля качества покрытий);
- представители организации, производившей огнезащитную обработку.

К группе измерительных и экспериментальных методов относят методы измерения толщины огнезащитных покрытий с помощью различных измерительных приборов и средств измерения, а также методы термического анализа, которые используются для идентификации (установления вида) примененного материала и качества огнезащитного покрытия. Контроль качества огнезащиты на объектах может осуществляться при помощи любого из указанных методов или их различных сочетаний. Наиболее полное представление о качестве огнезащитной обработки дает комплексный подход, характеризующийся совокупностью всех вышеперечисленных методов. Обязательным условием комплексного подхода является использование методов термического анализа, позволяющих установить вид примененного материала и качество огнезащитного покрытия [17].

Контроль по представленной документации предполагает проверку наличия комплекта документации на проведение огнезащитных работ (проект огнезащиты, нормативный документ (НД) на объект огнезащиты и огнезащитные материалы, сертификат соответствия продукции требованиям пожарной безопасности, документы о качестве). По окончании огнезащитных работ составляется акт, который должен содержать сведения о месте проведения работ, виде объектов огнезащиты, их состоянии, нанесенных огнезащитных и грунтовочных составах, их марках, расходе, технологии приготовления и нанесения, об организации-исполнителе, а также подписи лиц, производивших работы и осуществлявших контроль. На огнезащитный материал, кроме сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности и документов о качестве (паспорт, свидетельство и т. д.), должна быть представлена НД (технические условия, национальные стандарты, инструкции по нанесению или технологический регламент и т. д.), в которой указывается следующее:

- огнезащитная эффективность;
- условия эксплуатации огнезащищенных объектов;
- технические требования к огнезащитному покрытию или пропиточному составу (толщина покрытия, цвет, внешний вид, плотность, срок службы, совместимые грунты и т. д.).

Во время приемки огнезащитных работ лица, осуществляющие контроль, должны проверить соответствие характеристик примененного огнезащитного материала требованиям проекта огнезащиты, наличие и соответствие срока действия лицензий на проектирование и выполнение работ по огнезащите (или рекомендаций СРО) у организации, производившей огнезащитную обработку, а также наличие другой документации, подтверждающей качество выполнения огнезащитных работ [18].

Визуальный контроль основывается на оценке внешнего вида покрытия при осмотре. Основным критерием оценки является соответствие внешнего вида покрытия требованиям НД на применение огнезащитного состава. На объектах огнезащиты не допускается наличие

необработанных мест, сквозных трещин, отслоений, других видимых признаков разрушения покрытия, изменения цвета и т. д. Для конструкций и изделий, защищенных пропиточными составами, недопустимо наличие посторонних покрытий и загрязнений. Особое внимание следует обращать на обработку соединений элементов конструкций и на места, в которых затруднено нанесение огнезащитных составов. Обнаруженные дефекты фотографируют.

Толщину огнезащитного слоя определяют путем измерений в нескольких местах (1–2 серии измерений на каждые 200 м<sup>2</sup> поверхности). В каждой серии рекомендуется проводить не менее 5 измерений в различных местах одной конструкции с усреднением результатов и оценкой максимальных отклонений величин. Измерения (отбор проб) необходимо проводить преимущественно в местах конструкций, где по визуальным признакам предполагается некачественная обработка или отклонение от нормативной толщины покрытия. Контроль толщины слоя нанесенного огнезащитного покрытия на металлических конструкциях осуществляется с помощью специальных приборов, обеспечивающих необходимую точность измерений. Для покрытий толщиной до 20 мм рекомендуется использовать магнитные толщинометры, ультразвуковые толщинометры, микрометры. В целях измерения толщины покрытий, составляющих 10 мм и более, возможно использование штангенциркуля или игольчатого щупа с линейкой.

По результатам измерений определяется усредненное и минимальное значения толщины покрытия. Если имеются сомнения в качестве примененных огнезащитных материалов, получены отрицательные результаты по экспресс-методам, а также в случаях, когда проверка осуществляется на объектах, имеющих важное значение (здания с пребыванием большого количества людей (ночные клубы, театры, кинотеатры, учебные учреждения и т. д.), здания государственных и муниципальных предприятий, хранилища, объекты с общей площадью огнезащитной обработки более 5000 м<sup>2</sup> и т. д.), проводится комплексная проверка, включающая в себя все указанные методы контроля и методику установления вида примененного материала и оценки качества огнезащитной обработки с помощью методов термического анализа. Такой комплексный подход дает наиболее полное представление о качестве огнезащитной обработки [17].

Ежегодно руководитель предприятия обеспечивает проверку состояния огнезащитных покрытий металлических конструкций на предмет отсутствия механических повреждений, отслоений в результате замачивания, коррозии металла подложки и т. д. с составлением протокола проверки состояния огнезащитной обработки. При наличии повреждений покрытия руководитель предприятия обеспечивает устранение повреждений. После завершения срока эксплуатации должен быть выполнен контроль качества нанесенных огнезащитных покрытий, оценка их огнезащитной эффективности в соответствии с требованиями руководства [19].

## Результаты

Приведено описание работ по проверке совместимости огнезащитных материалов с грунтовками с помощью сертифицированного и поверенного лабораторного оборудования. Описан лабораторный комплекс, оснащенный современным и технологичным оборудованием для испытаний. Проверка совместимости осуществляется в соответствии с международными стандартами при помощи сертифицированного и поверенного лабораторного оборудования штатными специалистами, имеющими необходимые лицензии, дипломы и сертификаты.

Комплексное покрытие оценивается на наличие или отсутствие дефектов, критичность этих дефектов для последующей эксплуатации лакокрасочной системы, определяется степень адгезии между слоями лакокрасочной системы и оценивается способность покрытия сопротивляться влиянию неблагоприятных факторов окружающей среды. На основании проведенных исследований может даваться рекомендация о допустимости или недопустимости совместного использования тех или иных лакокрасочных материалов.

## Выводы

1. Установлены требования к содержанию и последовательности проведения работ по оценке совместимости огнезащитных покрытий по металлу с грунтовками.
2. Показано, что для максимальной эффективности применения огнезащитных материалов и достижения главной цели – длительной огнестойкости конструкций – необходимо уделять должное внимание совместимости материалов при создании проектов и технологии нанесения покрытий.

## Список литературы

1. Огнезащита грунтовка для металла [интернет]. Режим доступа: <https://stal-kom.ru/ognezashchita-gruntovka-dlya-metalla/>
2. ГОСТ 9.407-2015. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. Москва: Стандартинформ; 2015.
3. ГОСТ 25706-83. Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования. Москва: Издательство стандартов; 1983.
4. ГОСТ 7048-81. Бинокли. Типы, основные параметры и общие технические требования. Москва: Издательство стандартов; 1981.
5. ГОСТ 31993-2013 (ISO 2808:2007). Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия. Москва: Стандартинформ; 2014.
6. ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76). Штангенциркули. Технические условия [интернет]. Режим доступа: <https://a3-eng.com/assets/files/7461/gost-166-89.pdf>
7. ТУ 3936-214-54769955-2008. Наборы щупов номеров 1, 2, 3, 4 [интернет]. Москва; 2008. Режим доступа: <https://chelinstrument.ru/docs/stnd/tu%203936-214-54769955-2008%20%5Bchelinstrument.ru%5D.pdf>
8. ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа. Москва: Стандартинформ; 2011.
9. ГОСТ Р 51694-2000 (ИСО 2808-97). Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия. Москва: Госстандарт России; 2002.
10. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. Москва: Стандартинформ; 2009.
11. ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза. Москва: Стандартинформ; 2014.
12. ISO 16276-1:2007. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Assessment of, and acceptance criteria for, the adhesion/cohesion (fracture strength) of a coating – Part 1: Pull-off testing [internet]. Available at: [https://yandex.by/search/?text=ISO+16276-1%3A2007.+Corrosion+protection+of+steel+structures+by+protective+paint+systems+%E2%80%93+Assessment+of%2C+and+acceptance+criteria+for%2C+the+adhesion%2Fcohesion+\(fracture+strength\)+of+a+coating+%E2%80%93+Part+1%3A+Pull-off+testing.&lr=157](https://yandex.by/search/?text=ISO+16276-1%3A2007.+Corrosion+protection+of+steel+structures+by+protective+paint+systems+%E2%80%93+Assessment+of%2C+and+acceptance+criteria+for%2C+the+adhesion%2Fcohesion+(fracture+strength)+of+a+coating+%E2%80%93+Part+1%3A+Pull-off+testing.&lr=157)
13. ГОСТ 34395-2018. Материалы лакокрасочные. Электроискровой метод контроля сплошности диэлектрических покрытий на токопроводящих основаниях. Москва: Стандартинформ; 2018.
14. Оценка качества огнезащиты и установление вида огнезащитных покрытий на объектах: Руководство. Москва: ФГУ МЧС России; 2010.

15. Идентификация твердых веществ, материалов и средств огнезащиты при испытаниях на пожарную опасность: Инструкция. Москва: ФГУ МЧС России; 2004.
16. НПБ 232-96. Порядок осуществления контроля за соблюдением требований нормативных документов на средства огнезащиты (производство, применение и эксплуатация) [интернет]. Режим доступа: <https://www.derev-grad.ru/stroitelstvo/obespechenie-bezopasnosti-v-hozyaistvennoi-deyatelnosti/pozharnaya-bezopasnost/npb-232-96--poryadok-osuschestvleniya-kontrol.pdf>
17. Собоурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций: учебно-справочное пособие: справочник. Москва: ПожКнига; 2016.
18. ГОСТ Р 59637-2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте. Москва: Стандартинформ; 2021.
19. О противопожарном режиме. Постановление правительства РФ от 25.04.2012 г. № 390, в ред. Постановлений правительства РФ от 17.02.2014 г. № 113, от 23.06.2014 г. № 581 [интернет]. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=360871>
20. ГОСТ 27890-88 (ИСО 4624-78). Покрытия лакокрасочные защитные дезактивируемые. Метод определения адгезионной прочности нормальным отрывом. Москва: Издательство стандартов; 1989.
21. Ненахов С.А., Пименова В.П., Пименов А.Л. Проблемы огнезащитной отрасли. Пожаровзрывобезопасность. 2010;19(12):19–26.
22. Шебеко А.Ю., Смирнов Н.В., Булага С.Н., Булгаков В.В., Дудеров Н.Г., ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Руководство по проведению контроля качества огнезащиты на объектах, оценки качества огнезащитной обработки и оценки сохранения огнезащитных свойств покрытий при их эксплуатации [интернет]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293746/4293746689.pdf>
23. Совместимость материалов – залог длительной огнестойкости конструкций. Доклад руководителя направления «Огнезащита» С.Ю. Анисимова на международной научно-практической конференции «Огнезащита XXI» [интернет]. Режим доступа: <https://www.vmp-plamcor.ru/publishing/2014-year/667/>
24. Барышников А.А., Горелов С.А., Мустафин Н.Ш. Анализ перспективных огнезащитных покрытий металлических конструкций. Региональное развитие [интернет]. 2016;(2). Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26001446>
25. Богданова Ю.Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов. Москва: Издательский центр МГУ имени М.В. Ломоносова; 2010.
26. Боровик С.И., Трофимова Л.А. Анализ методик оценки влияния эксплуатационных факторов на огнезащитные покрытия для металлических конструкций. В: Научные исследования: теория, методика и практика: материалы III Международная научно-практическая конференция. Чебоксары; 2017, с. 18–21.
27. Оценка допустимого срока эксплуатации тонкослойных огнезащитных покрытий в различных климатических условиях: методика. Москва: ВНИИПО; 2014.
28. Теплоухов А.В., Зверев В.Г., Гаращенко А.Н. Методика и результаты оценки влияния длительной эксплуатации конструкций на основные свойства вспучивающихся огнезащитных покрытий. Пожаровзрывобезопасность. 2016;25(1):9–16.

## References

1. Fire protection primer for metal [internet]. Available at: <https://stal-kom.ru/ognezashchita-gruntovka-dlya-metalla/> (in Russian).
2. State Standard 9.407-2015. Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. Method of appearance rating. Moscow: Standartinform Publ.; 2015. (In Russian).
3. State Standard 25706-83. Magnifiers. Types, basic parameters. General technical requirements. Moscow: Standards Publishing House; 1983. (In Russian).
4. State Standard 7048-81. Binoculars. Types and basic parameters. General technical requirements. Moscow: Standards Publishing House; 1981. (In Russian).
5. State Standard 31993-2013 (ISO 2808:2007). Paint materials. Determination of film thickness. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).

6. State Standard 166-89 (ISO 3599-76). Vernier callipers. Specifications [internet]. Available at: <https://a3-eng.com/assets/files/7461/gost-166-89.pdf> [in Russian].
7. TU [Specifications] 3936-214-54769955-2008. Sets of number probes 1, 2, 3, 4 [internet]. Available at: <https://chelinstrument.ru/docs/stnd/tu%203936-214-54769955-2008%20%5Bchelinstrument.ru%5D.pdf> [in Russian].
8. State Standard R 53293-2009. Fire hazard of substances and materials. Materials, substance and fire protective means. Identification by thermal analysis methods. Moscow: Standartinform Publ.; 2011. (In Russian).
9. State Standard R 51694-2000 (ISO 2808-97). Paints and varnishes. Determination of film thickness. Moscow: Gosstandart of Russia.; 2002. (In Russian).
10. State Standard 15140-78. Paintwork materials. Methods for determination of adhesion. Moscow: Standartinform Publ.; 2009. (In Russian).
11. State Standard 31149-2014 (ISO 2409:2013). Paint materials. Determination of adhesive by cross-cut method. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).
12. ISO 16276-1:2007. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Assessment of, and acceptance criteria for, the adhesion/cohesion (fracture strength) of a coating – Part 1: Pull-off testing [internet]. Available at: [https://yandex.by/search/?text=ISO+16276-1%3A2007.+Corrosion+protection+of+steel+structures+by+protective+paint+systems+%E2%80%93+Assessment+of%2C+and+acceptance+criteria+for%2C+the+adhesion%2Fcohesion+\(fracture+strength\)+of+a+coating+%E2%80%93+Part+1%3A+Pull-off+testing.&lr=157](https://yandex.by/search/?text=ISO+16276-1%3A2007.+Corrosion+protection+of+steel+structures+by+protective+paint+systems+%E2%80%93+Assessment+of%2C+and+acceptance+criteria+for%2C+the+adhesion%2Fcohesion+(fracture+strength)+of+a+coating+%E2%80%93+Part+1%3A+Pull-off+testing.&lr=157).
13. State Standard 34395-2018. Paint materials. Spark test Method for continuity inspection of dielectric coatings on conductive substrates. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russian).
14. Assessment of the quality of fire protection and the establishment of the type of fire-resistant coatings on objects: Manual. Moscow: Federal State Institution of the Ministry of Emergency Situations of Russia; 2010. (In Russian).
15. Identification of solids, materials and means of fire protection during fire hazard tests: Instructions. Moscow: Federal State Institution of the Ministry of Emergency Situations of Russia; 2004. (In Russian).
16. NPB 232-96. The procedure of control of normative documents requirements relating to fire retardance means (production, usage, operation) [internet]. Available at: <https://www.derev-grad.ru/stroitelstvo/obespechenie-bezopasnosti-v-hozyaystvennoi-deyatelnosti/pozharnaya-bezopasnost/npb-232-96--poryadok-osuschestvleniya-kontrol.pdf> [in Russian].
17. Sobur S.V. Fire protection of materials and structures: educational and reference manual. Moscow: Pozhkniga Publ.; 2016. (In Russian).
18. State Standard R 59637-2021. Fire protection means for buildings and structures. Means of fire protection. Methods of quality control of fire-retardant works during installation (application), maintenance and repair. Moscow: Standartinform Publ.; 2021. (In Russian).
19. On fire protection regime. Decree of the Government of the Russian Federation No. 390 of 25.04.2012; as amended Resolutions of the Government of the Russian Federation dated 17.02.2014 No. 113, dated 23.06.2014 No. 581 [internet]. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=360871> [in Russian].
20. State Standard 27890-88 (ISO 4624-78). Deconaminable protective coatings (paints). Adhesion determination by normal pull-off method. Moscow: Standards Publishing House; 1989. (In Russian).
21. Nenakhov C.A., Pimenova V.P., Pimenov A.L. Problems of the fire-retardant industry. *Pozharovzryvobezopasnost' = Fire and explosion safety*. 2010;19(12):19–26. (In Russian).
22. Shebeko A.Yu., Smirnov N.V., Bulaga S.N., Bulgakov V.V., Duderov N.G., FSBI VNIPO EMERCOM of Russia. Guidelines for quality control of fire protection at facilities, assessment of the quality of fire-retardant treatment and assessment of the preservation of fire-retardant properties of coatings during their operation [internet]. Available at: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293746/4293746689.pdf> [in Russian].
23. Compatibility of materials is the key to long-term fire resistance of structures. Report of the head of the direction "Fire protection" S.Yu. Anisimov at the international scientific and practical conference "Fire Protection XXI" [internet]. Available at: <https://www.vmp-plamcor.ru/publishing/2014-year/667/> [in Russian].
24. Baryshnikov A.A., Gorelov S.A., Mustafin N.S. Analysis of promising fire-resistant coatings of metal structures. Traditions and innovations in construction and architecture. Regional'noe razvitiye [internet]. 2016;(2). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26001446> [in Russian].

- 25. Bogdanova Yu.G.** Adhesion and its role in ensuring the strength of polymer composites. Moscow: Publishing Center of Lomonosov Moscow State University; 2010. (In Russian).
- 26. Borovik S.I., Trofimova L.A.** Analysis of methods for assessing the impact of operational factors on fire-resistant coatings for metal structures. In: Scientific research: theory, methodology and practice: materials of the III International Scientific and Practical Conference. Cheboksary; 2017, pp. 18–21. (In Russian).
- 27.** Assessment of the permissible service life of thin-layer flame-retardant coatings in various climatic conditions: methodology. Moscow: VNIPO; 2014. (In Russian).
- 28. Teploukhov A.V., Zverev V.G., Garashchenko A.N.** Methodology and results of assessing the impact of long-term operation of structures on the basic properties of bulging flame-retardant coatings. Pozharovzryvobezопасnost' = Fire and explosion safety. 2016;25(1):9–16. (In Russian).

## Информация об авторах / Information about the authors

**Юрий Владимирович Кривцов**, д-р техн. наук, научный руководитель научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: krivtsov.cniisk@mail.ru

**Yuri V. Krivtsov**, Dr. Sci. (Engineering), Scientific Director of Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: krivtsov.cniisk@mail.ru

**Ирина Романовна Ладыгина**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: ladigina@yandex.ru

**Irina R. Ladygina**, Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher of Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: ladigina@yandex.ru

**Мария Александровна Комарова**, руководитель научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: maria.kom5@mail.ru

**Maria A. Komarova**, Head of Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: maria.kom5@mail.ru

**Алексей Умед-Алиевич Хайдаров**, ведущий специалист научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: a.khaydarov@mail.ru

**Alexey U.-A. Khaydarov**, Leading Specialist of Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: a.khaydarov@mail.ru

**Галина Петровна Еремина**, заведующий лабораторией научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: Erem-galina@yandex.ru

**Galina P. Eremina**, Laboratory Head of Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: Erem-galina@yandex.ru

**Юрий Михайлович Грошев**✉, канд. техн. наук, ведущий специалист научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: groshev52@gmail.com

**Yuri M. Groshev**✉, Cand. Sci. (Engineering), Leading Specialist of Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: groshev52@gmail.com

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author