

УДК 699.81:519.2:006.83

## Риск-ориентированный подход к разработке методик контроля

Серенков П.С.<sup>1</sup>, Гуревич В.Л.<sup>2</sup>, Мовламов В.Р.<sup>2</sup>, Етумян А.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
пр-т Независимости, 65, г. Минск 220013, Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный институт метрологии,  
Старовиленский тракт, 93, г. Минск 220053, Беларусь

<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России,  
микрорайон ВНИИПО, 12, г. Балашиха 143903, Московская область, Россия

Поступила 20.03.2018

Принята к печати 24.04.2018

Необходимость научно-методической проработки методик контроля характеристик огнестойкости строительных конструкций (СК) имеет наивысший приоритет в области обеспечения пожарной безопасности. Целью данной работы являлось обеспечение требуемой степени достоверности результатов контроля качества огнестойких покрытий строительных конструкций и высокой эффективности принимаемых решений за счет риск-ориентированного подхода к разработке методики контроля.

Обоснован риск-ориентированный подход к разработке методики контроля, предполагающий рассмотрение на базе процессной модели контроля огнестойкости строительного объекта всех возможных потенциальных проблем, которые могут вызвать риск некорректного принятия решения. Разработана модель рисков, возникающих при контроле толщины огнезащитного покрытия. Идентифицированы две основные группы рисков. Первая группа связана с неопределенностью измерения толщины покрытия в единичной точке контроля. Вторая группа рисков связана с нерепрезентативностью выборочного контроля всей поверхности строительного объекта в целом. Для каждой группы определены потенциальные источники рисков. Для всего комплекса источников частных рисков приведены результаты исследований механизмов их проявления, оценена степень влияния на достоверность контроля соответствия толщины огнезащитного покрытия требованиям. Анализ проведен на основе как теоретических, так и экспериментальных статистических исследований на ряде строительных объектов.

По результатам анализа всех частных рисков недостоверности контроля предложены рациональные пути их минимизации в виде технических или организационно-технических мер, нашедших отражение в разработанном проекте методики контроля. Проект методики контроля построен на основе согласованной схемы контроля толщины огнезащитного покрытия строительных конструкций последовательно тремя сторонами.

Сформулирована и решена метрологическая задача контроля толщины огнезащитного покрытия как косвенное измерение неразрушающими методами толщинометрии. Рассмотрены теоретические и прикладные аспекты процесса контроля толщины огнезащитного покрытия строительных конструкций в условиях высокого риска принятия некорректного решения по результатам контроля.

**Ключевые слова:** строительные конструкции, огнезащитное покрытие, методика контроля толщины покрытия, риск-ориентированный подход, источники риска недостоверного контроля.

**DOI:** 10.21122/2220-9506-2018-9-2-155-166

---

**Адрес для переписки:**

Мовламов В.Р.

Белорусский государственный институт метрологии,  
Старовиленский тракт, 93, г. Минск 220053, Беларусь  
e-mail: mls@belgim.by

---

**Address for correspondence:**

Movlamov V.R.

Belarusian State Institute of Metrology,  
Starovilensky Trakt, 93, Minsk 220053, Belarus  
e-mail: mls@belgim.by

---

**Для цитирования:**

Серенков П.С., Гуревич В.Л., Мовламов В.Р., Етумян А.С.  
Риск-ориентированный подход к разработке методик контроля.  
Приборы и методы измерений.  
2018. – Т. 9, № 2. – С. 155–166.

**DOI:** 10.21122/2220-9506-2018-9-2-155-166

---

**For citation:**

Serenkov P.S., Hurevich V.L., Movlamov V.R., Yetumyan A.S.  
[The risk-oriented approach to the development of control met].  
*Devices and Methods of Measurements*.  
2018, vol. 9, no. 2, pp. 155–166 (in Russian).

**DOI:** 10.21122/2220-9506-2018-9-2-155-166

# The risk-oriented approach to the development of control method

Serenkov P.S.<sup>1</sup>, Hurevich V.L.<sup>2</sup>, Movlamov V.R.<sup>2</sup>, Yetumyan A.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University,  
Nezavisimosty Ave., 65, Minsk 220013, Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State Institute of Metrology,  
Starovilensky Trakt, 93, Minsk 220053, Belarus

<sup>3</sup>Federal State-Financed Establishment, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,  
VNIPO, 12, Balashikha 143903, Moscow region, Russia

Received 20.03.2018

Accepted for publication 24.04.2018

## Abstract

The necessity for scientific and methodical study of methods for monitoring the characteristics of flame-resistance of building structures has the highest priority in the field of fire safety. The aim of this work was to provide the required degree of reliability of the results of quality control of flame-resistant coatings of building structures and high efficiency of decisions due to the risk-based approach to the development of control methods.

Substantiated risk-based approach to the development of methods of control, involving the consideration on the basis of process model, control flame-resistance of building object in all possible potential problems that can cause the risk of incorrect decision-making. A model of the risks arising from the control of the flame-retardant coating thickness has been developed. Two major risk groups have been identified. The first group is related to the uncertainty of coating thickness measurement at a single control point. The second group of risks is related to the unrepresentativeness of selective control over the entire surface of the construction object as a whole. Potential risk sources have been identified for each group. For the entire range of sources of particular risks the results of studies of the mechanisms of their manifestation, the estimated degree of influence on the accuracy of the control of compliance of flame-retardant coating thickness requirements. The analysis is carried out on the basis of both theoretical and experimental statistical studies on a number of construction projects.

According to the results of the analysis of all particular risks of control unreliability, rational ways of their minimization in the form of technical or organizational and technical measures, which are reflected in the developed project of the control method, are proposed. Project control method was built on the basis of a agreed scheme of control of the thickness of the flame-retardant coating of building structures sequentially the three parties.

Formulated and solved the task of the metrological control of the thickness of the flame-retardant coating as indirect measurement methods non-destructive thickness measurements. Theoretical and applied aspects of the process of flame-retardant coating thickness control of building structures under conditions of high risk of making incorrect decisions on the results of control are considered.

**Keywords:** building constructions, flame-retardant coating, coating thickness control method, risk-oriented approach, sources of risk of unreliable control.

**DOI:** 10.21122/2220-9506-2018-9-2-155-166

---

### Адрес для переписки:

Мовламов В.Р.  
Белорусский государственный институт метрологии,  
Старовиленский тракт, 93, г. Минск 220053, Беларусь  
e-mail: mls@belgim.by

### Address for correspondence:

Movlamov V.R.  
Belarusian State Institute of Metrology,  
Starovilensky Trakt, 93, Minsk 220053, Belarus  
e-mail: mls@belgim.by

---

### Для цитирования:

Серенков П.С., Гуревич В.Л., Мовламов В.Р., Етумян А.С.  
Риск-ориентированный подход к разработке методик контроля.  
Приборы и методы измерений.  
2018. – Т. 9, № 2. – С. 155–166.  
**DOI:** 10.21122/2220-9506-2018-9-2-155-166

### For citation:

Serenkov P.S., Hurevich V.L., Movlamov V.R., Yetumyan A.S.  
[The risk-oriented approach to the development of control met].  
*Devices and Methods of Measurements*.  
2018, vol. 9, no. 2, pp. 155–166 (in Russian).  
**DOI:** 10.21122/2220-9506-2018-9-2-155-166

## Введение

В настоящее время существует множество различных способов снижения пожарной опасности и обеспечения требуемых пределов огнестойкости СК с использованием средств огнезащиты: обетонирование, оштукатуривание поверхностей, заполнение внутренних полостей СК негорючими материалами и др. [1, 2]. Наиболее широкое распространение получил способ оштукатуривания поверхностей СК, заключающийся в нанесении специального огнезащитного состава (ОС) на поверхности СК [3].

СТБ 11.03.02<sup>1</sup> регламентирует семь различных групп огнезащитной эффективности ОС, для каждой из которых определен временной норматив от начала огневого воздействия до достижения критической для стали температуры, показывающий, сколько минут СК должна гарантированно выстоять и не обрушиться в условиях огневого воздействия. Для каждого временного норматива регламентирована минимальная толщина специального огнезащитного состава, она же и является контролируемым показателем пожарной безопасности СК.

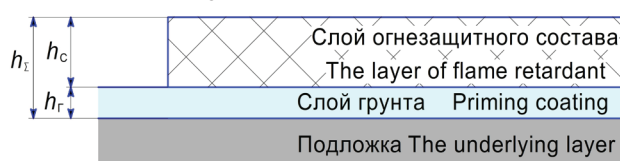
Следует отметить, что в настоящее время на территории Республики Беларусь и ближнего зарубежья вопрос о контроле толщины огнезащитного покрытия методологически не проработан. МЧС Республики Беларусь поставил задачу техническому комитету по стандартизации ТК ВУ 35 «Средства обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения. Требования в области обеспечения пожарной безопасности» разработать методические указания по контролю толщины огнезащитного покрытия СК с учетом высокого риска принятия некорректного решения по результатам контроля.

Цель работы – обеспечить требуемую степень достоверности результатов контроля качества огнестойких покрытий строительных конструкций и высокую эффективность принимаемых решений за счет риск-ориентированного подхода с разработке методики контроля.

<sup>1</sup>Система стандартов пожарной безопасности. Средства огнезащитные. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.03.02-2010. – Введ. 01.07.2011. – Минск : НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2010. – 38 с.

## Описание объекта контроля. Модель измерения качества покрытия

В качестве объектов контроля выступают строительные объекты (СО), в состав которых входят деревянные, железобетонные, металлические и другие СК [4]. Предметом контроля является толщина огнезащитного состава. Огнезащитное покрытие представляет собой наносимый на подложку, в качестве которой выступает поверхность СК, слой грунта толщиной  $h_r$  и слой ОС толщиной  $h_c$  (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Структура огнезащитного покрытия:  $h_\Sigma$  – суммарная толщина огнезащитного покрытия;  $h_r$  – толщина грунтового материала;  $h_c$  – толщина огнезащитного состава

**Figure 1** – Flame-retardant coating construction:  $h_\Sigma$  – the total thickness of flame-retardant coating;  $h_r$  – the thickness of priming coating;  $h_c$  – the thickness of flame retardant

Среди большого многообразия методов контроля наиболее предпочтительны методы и средства неразрушающего контроля. Основные их преимущества – высокая производительность, невысокая трудоемкость, сохранение целостности покрытия [5, 6].

Особенностью контроля толщины огнезащитного покрытия является тот факт, что мы имеем дело с косвенными измерениями. Непосредственно измерению подлежит параметр  $h_\Sigma$ , представляющий собой сумму толщин  $h_c$  слоя ОС и  $h_r$  слоя грунта (рисунок 1):

$$h_\Sigma = h_r + h_c. \quad (1)$$

Для заключения о соответствии толщины  $h_c$  ОС требованиям ( $h_c \geq [h_c]$ ) измеренную толщину  $h_\Sigma$  проверяют через соотношение:

$$h_\Sigma \geq [h_{\Sigma \text{ном}}], \quad (2)$$

где  $[h_{\Sigma \text{ном}}]$  – критическое значение толщины покрытия, т.е. граница контроля, которая рассчитывается по формуле:

$$[h_\Sigma] = [h_r] + [h_c], \quad (3)$$

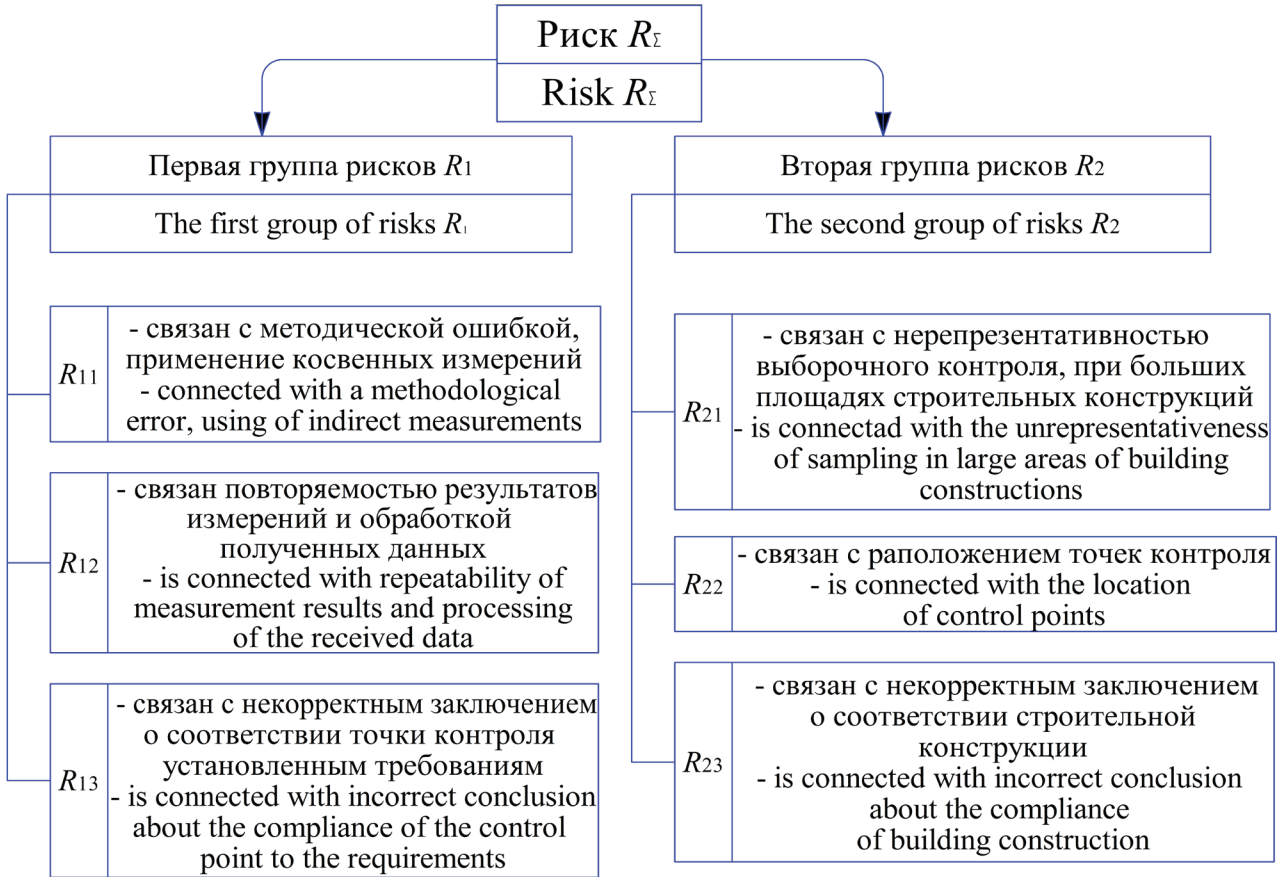
где  $[h_r]$  – допускаемое значение толщины слоя грунта.

## Вероятностная модель рисков некорректного контроля

С учетом требований ТК ВУ 35 при разработке методики контроля мы исходили из того, что результаты контроля имеют высокий риск некорректного принятия решения в силу недоверности результатов измерений.

Для идентификации источников рисков мы применили риск-ориентированный подход к раз-

работке методики контроля, предполагающий рассмотрение на базе процессной модели контроля СО всех возможных потенциальных проблем, которые могут вызвать риск некорректного принятия решения<sup>2</sup>. Разработана двухуровневая вероятностная модель рисков, возникающих при контроле толщины огнезащитного покрытия. Идентифицированы две группы рисков, источники возникновения которых приведены на рисунке 2. Рассмотрим источники возникновения рисков и пути их минимизации.

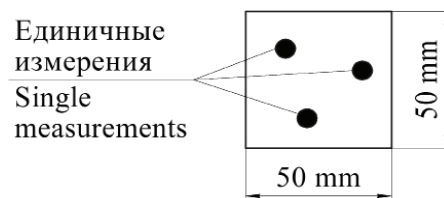


**Рисунок 2** – Вероятностная модель рисков некорректного контроля толщины огнезащитного покрытия  
**Figure 2** – A probabilistic risk model of unreliable control of the thickness of the flame-retardant coating

### Риски первой группы. Минимизация рисков первой группы

Риски первой группы связаны с неопределенностью измерения толщины покрытия в единичной точке контроля СК (рисунок 3). Общепринято, что точка контроля – пятно (как правило, квадрат  $50 \times 50$  мм), в котором проводится определенное количество измерений.

С первой группой рисков связана ситуация, когда исследуемая точка контроля, по факту удовлетворяющая установленным требованиям, принимается как несоответствующая и наоборот. Идентифицированы три источника рисков первой группы.



**Рисунок 3** – Точка контроля, расположенная на поверхности строительной конструкции  
**Figure 3** – Control point located on the surface of building construction

<sup>2</sup>Система менеджмента качества. Требования: СТБ ISO 9001-2015. – Введ. 01.03.2016. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 36 с.

**Риск  $R_{11}$**  связан с дефинитной неопределенностью значения толщины слоя грунта  $h_T$ , входящего в формулу (1). В процессе измерения толщины огнезащитного покрытия  $h_\Sigma$  методами неразрушающего контроля отсутствует возможность прямого измерения действительного значения толщины слоя грунта  $h_T$  (рисунок 1). Установившаяся практика контроля предполагает, что в формулы (1) и (3) подставляется номинальная толщина грунта, соответствующая технологической документации нанесения покрытий. Очевидно, что несоответствие номинального и действительного значений толщины грунта вносит существенный вклад в неопределенность расчетного значения  $h_\Sigma$  и, соответственно, способствует повышению риска некорректного контроля.

Предложен организационно-технический подход к минимизации данного источника риска. Производителю огнезащитных работ предписано производить сплошной контроль толщины наносимого грунта. Данные контроля (протоколы контроля) производитель предъявляет генподрядчику (второй стороне) и представителю МЧС (третьей стороне) для приемочного контроля качества огнезащитных работ, в процессе которого они используют в формуле (1) действительные значения  $h_T$ .

**Риск  $R_{12}$**  связан со статистической неуправляемостью процесса нанесения покрытий. Для исследования возникновения данного источника риска были проведены статистические исследования на одном из строительных объектов, где в качестве объекта контроля выступила СК типа «колонна». Фрагмент результатов измерений толщины  $h_\Sigma$  огнестойкого покрытия приведен в таблице 1.

Таблица 1/Table 1

**Фрагмент результатов измерений толщины  $h_\Sigma$  огнестойкого покрытия строительной конструкции типа «колонна»**

**Fragment of the measurement results of the flame-retardant coating thickness  $h_\Sigma$  of building constructions type «column»**

Количество повторений The number of repeated measurements	Точка контроля, мкм Control point, $\mu\text{m}$						
	1	2	3	4	5	...	20
1	393	352	584	415	328	...	222
2	220	377	340	598	369	...	198
3	230	415	960	297	195	...	215
Среднее Average value	281	381	628	437	297	...	212
Медиана Median	230	377	584	415	328	...	215

Статистические исследования полученного массива данных проводились методом дисперсионного анализа в соответствии с СТБ ИСО 5725-3<sup>3</sup>. Исследовалась оценка стандартного отклонения воспроизводимости и повторяемости результатов измерений. Результаты дисперсионного анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2/Table 2

**Результаты дисперсионного анализа толщины  $h_\Sigma$  огнестойкого покрытия строительной конструкции типа «колонна»**

**The results of variance analysis of the flame-retardant coating thickness  $h_\Sigma$  of building constructions type «column»**

Источник вариации Source of variation	SS (сумма квадратов) sum of squares	Df (степени свободы) degree of freedom	MS (средний квадрат) average square	Математическое ожидание среднего квадрата Expectation of the average square
Между группами Between groups	462025,3	19	24317,12	48258,39
Внутри групп Within the group	532309,3	40	13307,73	37249
Сумма Sum	994334,6	59		

Результаты свидетельствуют, что вариация средних значений толщин покрытия в разных точках контроля по площади объекта (стандартное отклонение воспроизводимости  $\sigma_R = 195$  мкм), соизмерима с вариацией результатов повторных измерений в одной точке контроля (стандартное отклонение повторяемости  $\sigma_r = 193$  мкм) (рисунок 3). Это доказывает, что процесс нанесения огнезащитного покрытия статистически неуправляем даже в пределах локального участка поверхности СК. Следовательно, дефинитная неопределенность измеренного значения толщины огнезащитного покрытия  $h_\Sigma$  в одной точке контроля относительно велика и вносит существенный вклад в неопределенность расчетного значения  $h_\Sigma$ , способствуя тем самым повышению риска некорректного контроля.

<sup>3</sup>Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений: СТБ ИСО 5725-3-2002. – Введ. 01.07.2003. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. – 36 с.

Для минимизации влияния данного источника риска рекомендовано проводить в одной точке контроля не менее трех повторных измерений (рисунок 3), а в качестве результата измерения в точке контроля следует принимать не среднее значение из трех, а медиану – как робастную характеристику, что рекомендовано в подобных случаях в СТБ ИСО 5725-5<sup>4</sup>.

**Риск  $R_{13}$**  связан с некорректным заключением о соответствии толщины огнезащитного покрытия в единичной точке контроля установленным требованиям формулы (2) по результатам измерений, что ассоциируется с классической задачей контроля и рисками поставщика  $\alpha$  и потребителя  $\beta$ . Аналитический подход к решению данной задачи

предполагает расчет вероятности недостоверного оценивания на основе комбинирования закона распределения толщины покрытия на всей поверхности СК и закона распределения неопределенности результата измерений в единичной точке контроля<sup>5</sup>.

Для обоснования выбора методов оценивания и минимизации риска данного типа было проведено статистическое исследование технологического процесса нанесения покрытия на поверхность СК. Был реализован иерархический план эксперимента с полной группировкой влияющих факторов<sup>3</sup>, где объектом контроля выступил объект типа «поверхность». Фрагмент результатов статистического исследования толщины огнестойкого покрытия приведен в таблице 3.

Таблица 3/Table 3

**Результаты измерений толщины огнестойкого покрытия объекта типа «поверхность» в соответствии с иерархическим планом эксперимента с полной группировкой влияющих факторов, мкм**

**The measurement results of the flame-resistant coating thickness of the object type «surface» in accordance with the hierarchical plan of the experiment with a complete grouping of influencing factors,  $\mu\text{m}$**

Тип поверхности Type of surface	Объект малой величины Object of low value		Объект большой величины Object of great value		Объект средней величины Object of medium value		Объект малой величины Object of low value	
	Стена Wall	Преграда Barrier	Занавес Curtain	Лестничные марши Staircases	Преграда Barrier	Перекрытие Overlap	Стена Wall	Люк Hatch
Результаты контроля, мкм Control results, $\mu\text{m}$	393	1219	750	960	393	747	449	325
	220	1141	884	288	220	1008	225	346
	230	1150	758	415	230	605	300	524
	215	1544	1218	598	215	1010	272	340
	272	628	679	584	.....	908	399	929
	364	684	817	981	364	849	352	538

Статистический анализ результатов исследования показал, что технологический процесс нанесения покрытия на поверхности

СК является статистически неуправляемым, так как индекс воспроизводимости  $C_p < 1,33$  (таблица 4).

<sup>4</sup>Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений: СТБ ИСО 5725-5-2002. – Введ. 01.07.2003. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2003. – 58 с.

<sup>5</sup>Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм: ГОСТ 8.051-81. – Введ. 01.01.82. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 11 с.

Таблица 4/Table 4

Результаты статистического анализа процесса нанесения покрытия  
The results of the statistical analysis of the coating process

Тип поверхности Type of surface	Объект малой величины Object of low value		Объект большой величины Object of great value		Объект средней величины Object of medium value		Объект малой величины Object of low value	
	Стена Wall	Преграда Barrier	Занавес Curtain	Лестничные марши Staircases	Преграда Barrier	Перекрытие Overlap	Стена Wall	Люк Hatch
бσ, мкм бσ, μm	262	1539	729	398	372	983	464	488
Ср	0,65	0,11	0,23	0,43	0,46	0,17	0,37	0,35

Очевидно, что для статистически неуправляемого процесса аналитические методы оценивания неопределенности являются неадекватными. В данном случае следует применить методы, которые компенсируют вариацию, связанную с технологическим процессом, минимизируя тем самым риск потребителя  $\beta$  (сноска <sup>2</sup>).

В международной практике контроля широкое применение получил подход, получивший название метода «защитной полосы» (рисунок 4) [7, 8]; в производственной практике носит название «технологического допуска».

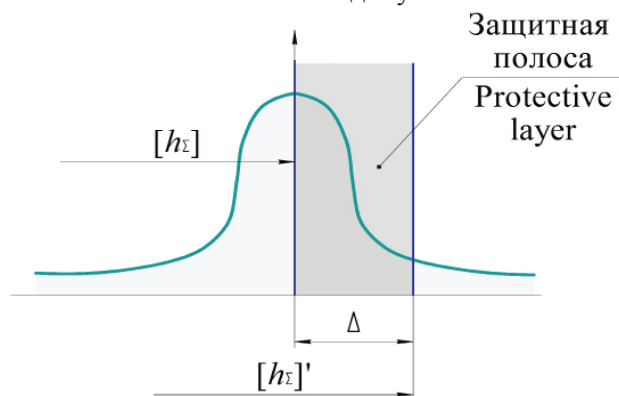


Рисунок 4 – Метод «защитной полосы» для снижения риска некорректного контроля толщины огнезащитного покрытия:  $[h_{\Sigma}]$  – критическое значение толщины покрытия;  $h_{\Sigma}$  – суммарная толщина огнезащитного покрытия

Figure 4 – «Protective layer» method to reduce the risk of incorrect control of the flame retardant coating thickness:  $[h_{\Sigma}]$  – coating thickness value;  $h_{\Sigma}$  – the total thickness of flame-retardant coating

Сущность метода «защитной полосы» заключается в том, что допускаемая граница контроля смещается в сторону увеличения толщины покрытия на величину поправки  $\Delta$ , представляющую собой расширенную неопределенность метода измерений, рассчитанную с учетом риска потребителя  $\beta$ . При этом минимально допустимая толщина покрытия  $[h_{\Sigma}]'$  увеличивается на  $\Delta$ :

$$[h_{\Sigma}]' = [h_{\Sigma}] + \Delta, \quad (4)$$

где  $\Delta$  – расширенная неопределенность метода измерений, которая должна быть оценена аккредитованной лабораторией в соответствии с требованиями СТБ ИСО/МЭК 17025<sup>6</sup> с доверительной вероятностью  $P = 1 - \beta$ .

Следует иметь в виду, что увеличение зоны «защитной полосы» с целью снижения  $\beta$ , приводит к увеличению риска поставщика  $\alpha$ . Т.е. возрастает риск того, что по результатам измерений в точке контроля будет принято решение о несоответствии толщины покрытия требованиям, в то время, как на самом деле требования к толщине покрытия выдержаны.

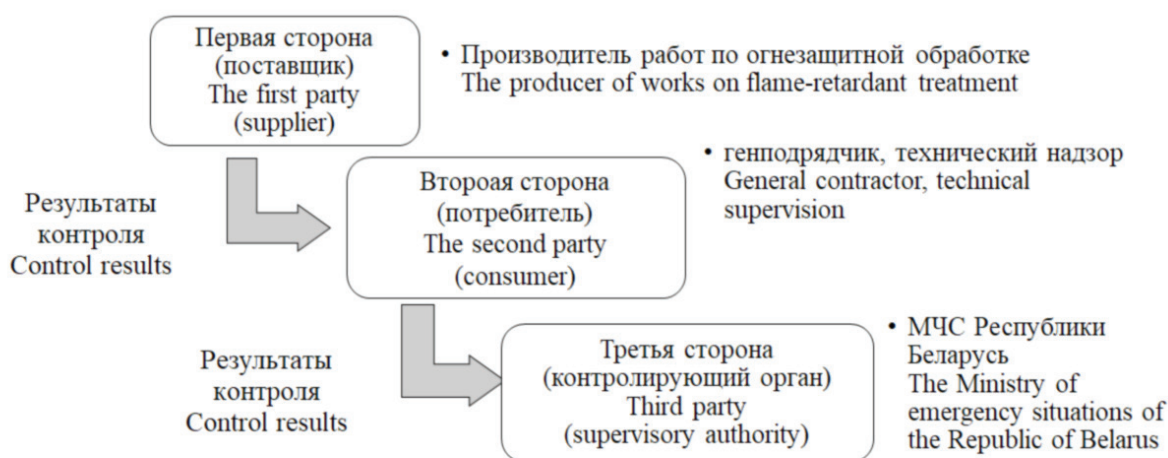
<sup>6</sup>Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий: СТБ ИСО/МЭК 17025-2007. – Введ. 01.08.2008. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 40 с.

## Риски второй группы. Минимизация рисков второй группы

Риски второй группы связаны с нерепрезентативностью выборочного контроля всей поверхности СК и СО в целом. Данная ситуация неизбежно возникает, когда отсутствуют рекомендации по выбору количества и расположения контрольных точек на объектах контроля и принятию решений о соответствии объектов контроля.

**Риск  $R_{21}$**  связан с нерепрезентативностью планов выборочного контроля толщины огнезащитного покрытия СК в силу того, что они

имеют большие площади, подвергаемые контролю. С целью минимизации источника риска  $R_{21}$  были исследованы различные подходы статистического приемочного контроля, среди которых наибольшего внимания заслуживают стандарты ГОСТ Р 50779.52<sup>7</sup> и ГОСТ 16493<sup>8</sup>. Описанный в ГОСТе Р 50779.52<sup>7</sup> подход устанавливает планы контроля, которые допускают наличие дефектных точек контроля в выборке. Важно, что данный подход регламентирует согласованную схему контроля между сторонами, осуществляющими контроль огнезащитных работ (рисунок 5).



**Рисунок 5** – Стороны, осуществляющие контроль огнезащитных работ  
**Figure 5** – The parties exercising control of flame-retardant works

Подход, описанный в ГОСТе 16493<sup>8</sup>, устанавливает планы контроля, не допускающие наличие дефектных точек контроля в выборке.

ТК ВУ 35 принял решение о применении подхода ГОСТа Р 50779.527 как основы для разработки методики контроля с последующей адаптацией к установившейся практике работ и требованиям МЧС Республики Беларусь.

Ключевым моментом методики контроля, разрабатываемой в соответствии с ГОСТом Р 50779.527, является тот факт, что один и тот же СО по характеристикам огнезащиты контролируют последовательно три стороны контроля (рисунок 5). При этом каждая последующая сторона контроля учитывает результаты

и статус контроля, предыдущей стороны.

Преимущество такой схемы заключается в том, что она позволяет каждой стороне контроля выбрать план контроля с учетом априорной информации о качестве огнезащитных работ. В рамках методики контроля сформулированы 6 уровней доверия ( $T1-T6$ ), априорно определяющие состояние качества огнезащитных работ, причем как с позиции производства работ, так и с позиций их контроля предшествующей стороной (таблица 5).

В качестве примера приводятся условия присвоения уровней доверия, которые предполагают наличие необходимых документов для осуществления огнезащитных работ.

<sup>7</sup>Статистические методы. Приемочный контроль качества по альтернативному признаку: ГОСТ Р 50779.52-95. – Введ. 01.07.96. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 234 с.

<sup>8</sup>Качество продукции. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Случай недопустимости дефектных изделий в выборке: ГОСТ 16493-70. – Введ. 01.01.72. – М. : Стандартиформ, 1972. – 34 с.



Таблица 5/Table 5

**Уровни доверия, априорно определяющие состояние качества огнезащитных работ**  
**Trust levels, a priori determining the state of quality of flame-retardant works**

Уровень доверия Trust level	Условия присвоения уровня доверия Terms of assigning the level of trust
T1	Наличие: лицензии МЧС Республики Беларусь на право осуществления деятельности по обеспечению пожарной безопасности в части выполнения работ с применением огнезащитных средств; копии сертификата соответствия или декларации о соответствии на огнезащитное средство; Presence: license of the Ministry of emergency situations of the Republic of Belarus to carry out activities to ensure fire safety in relation to execution of works with application of fire retardants; copies of the certificate of conformity or Declaration of conformity for a flame retardant; ... Наличие: проекта производства огнезащитных работ; актов промежуточной приемки ответственных конструкций; Presence: project of production of fire-retardant works; acts of intermediate acceptance of critical structures; ...
...	...
T5–T6	Положительные результаты контроля первой и второй сторонами (поставщика и потребителя). Positive results of control of the first and second parties (supplier and consumer).

На основании идентифицированного уровня доверия  $T$  сторона контроля в соответствии с методикой контроля определяет характеристики плана выборочного контроля: количество контрольных точек  $N_k$  и браковочное число  $R_e$ . Очевидно, что чем выше уровень доверия, тем менее строгий план контроля при одном и том же риске потребителя  $\beta$  (меньше  $N_k$  и больше  $R_e$ ). При формулировании содержания уровней доверия был использован опыт производственной практики строительных организаций, организаций, производящих огнезащитные работы (более 300 компаний), МЧС Республики Беларусь. Сформированный алгоритм определения плана контроля минимизирует связанные с данным фактором риски недостоверного контроля.

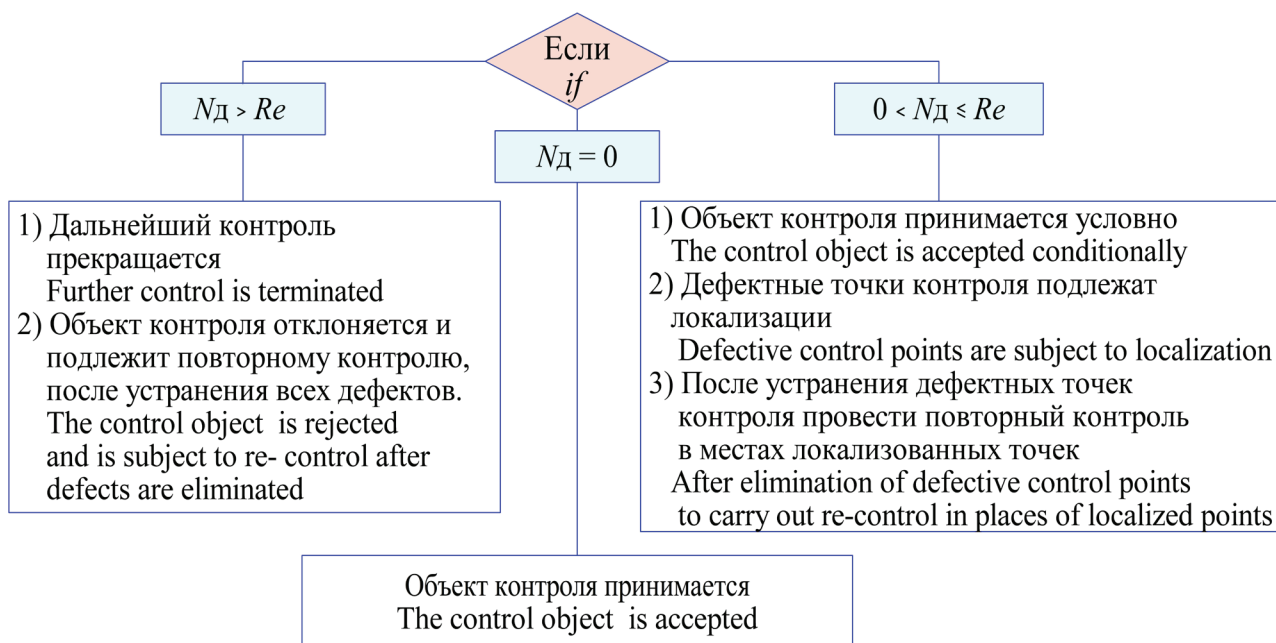
**Риск  $R_{22}$**  связан с таким аспектом выборочного контроля толщины огнезащитного покрытия СК, как расположение контрольных точек в количестве  $N_k$  на объекте контроля. С целью минимизации риска недостоверного контроля, связанного с этим аспектом, был применен метод аналогов. Проведен анализ подходов в международной практике проведения выборочного контроля толщины лакокрасочных покрытий

трубопроводов, корпусов морских судов, выборочного контроля урожайности аграрных культур на полях большой площади и др. (сноска<sup>4</sup>). В результате был выбран подход, суть которого состоит в том, что расположение точек контроля формируется в зависимости от площади объекта контроля и его принадлежности к определенной классификационной группе. В рамках методики контроля все типы СК могут быть отнесены к одной из групп: «поверхность», «колонна», «элемент сложной геометрической формы» (стыки, лестничные марши и др.). Для каждой группы в зависимости от размера объекта контроля предложена схема расположения точек контроля, что позволяет минимизировать связанные с данным аспектом риски недостоверного контроля.

**Риск  $R_{23}$**  связан с вероятностью некорректного принятия решения о соответствии СО требованиям огнестойкости, связанного с иерархичностью процедуры контроля. СО состоит из множества СК, а каждая СК контролируется в соответствии со своим планом выборочного контроля. В результате оценка соответствия СО является интегральной, принимаемой на основании множества первичных оценок соответствия.

Для минимизации данного риска нами предложены правила принятия решений о соответствии требованиям огнестойкости СО.

Заключение о соответствии единичного объекта контроля – отдельной СК – проводится в соответствии со следующим алгоритмом действий (рисунок 6).



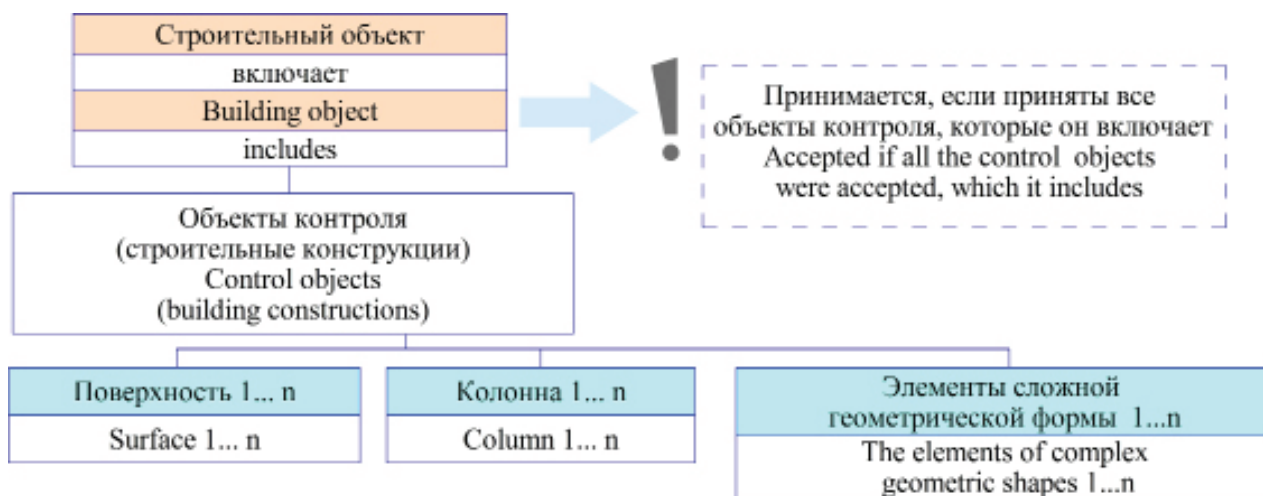
**Рисунок 6** – Заключение о соответствии одного объекта контроля:  $N_k$  – количество контрольных точек;  $N_d$  – количество дефектных точек;  $R_e$  – браковочное число

**Figure 6** – Conclusion about the compliance of single building construction:  $N_k$  – the number of control points;  $N_d$  – the number of defective points;  $R_e$  – rejection number

Заключение о соответствии требованиям всего СО делается на основании множества заключений о соответствии отдельных СК, входящих в состав СО. Принят следующий алгоритм принятия решения о соответствии СО в целом (рисунок 7):

– если все СК как объекты контроля приняты соответствующими по итогам контроля, то СО принимается;

– если хотя бы одна СК как объект контроля отклонена по итогам контроля, то СО не принимается.



**Рисунок 7** – Заключения о соответствии строительного объекта

**Figure 7** – Conclusions about the compliance of building constructions

## Заключение

Предложено решение задачи разработки методики контроля толщины огнезащитного покрытия строительных конструкций в условиях высокого риска принятия некорректного решения по результатам контроля. Рассмотрены теоретические и прикладные аспекты процесса контроля толщины покрытия. Сформулирована метрологическая задача измерений толщины огнезащитного покрытия как косвенное измерение неразрушающими методами толщинометрии.

Обоснован риск-ориентированный подход к разработке методики контроля, предполагающий рассмотрение на базе процессной модели контроля строительного объекта всех возможных потенциальных проблем, которые могут вызвать риск некорректного принятия решения. Разработана модель рисков, возникающих при контроле толщины огнезащитного покрытия. Идентифицированы две группы рисков. Первая группа связана с неопределенностью измерения толщины покрытия в единичной точке контроля строительной конструкции. Вторая группа рисков связана с нерепрезентативностью выборочного контроля всей поверхности строительной конструкции и строительного объекта в целом. Приведен анализ возникновения каждого потенциального источника риска, вскрыты механизмы их проявления и оценена степень влияния на результат достоверного контроля соответствия толщины огнезащитного покрытия требованиям. Для каждого источника риска контроля определены рациональные пути их минимизации в виде технических или организационно-технических мер, нашедших отражение в разрабатываемой методике контроля и обеспечивающих в комплексе объективно наименьший риск некорректного решения по результатам контроля.

Проект методики контроля построен на основе согласованной схемы контроля толщины огнезащитного покрытия строительных конструкций последовательно тремя сторонами: производителем огнезащитных работ, генеральным подрядчиком строительных работ и представителями МЧС Республики Беларусь. Проект методики контроля качества огнезащитных работ одобрен техническим комитетом по стандартизации ТК ВУ 35 и предложен для включения в структуру проекта государственного стандарта «Контроль качества огнезащитных работ. Общие технические требования. Методы проведения».

## Список использованных источников

1. Outinen, J. Research on Fire Protection Methods and a Case Study «Futurum» / J. Outinen, J. Samec, Z. Sokol // *Procedia Engineering*. – Vol. 40. – 2012. – P. 334–340.
2. Gian-Luca F. Porcari. Fire induced progressive collapse of steel building constructions: A review of the mechanisms / Gian-Luca F. Porcari, Ehab Zalok, Waleed Mekky // *Engineering Constructions*. – Vol. 82. – 2015. – P. 261–267.
3. Недвига, Е.С. Способы защиты строительных конструкций от огневого воздействия / Е.С. Недвига, К.И. Соловьева, С.С. Киселев. – М. : Молодой ученый. – 2015.
4. Федоров, В.С. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций / В.С. Федоров, В.Е. Левитский, И.С. Молчадский, А.В. Александров. – М. : АСВ, 2009. – 408 с.
5. Мосалков, И.Л. Огнестойкость строительных конструкций / И.Л. Мосалков, Г.Ф. Плюснина, А.Ю. Фролов. – М. : Спецтехника, 2001. – 496 с.
6. Ройтман, В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М. : Ассоциация «Пожарная безопасность и наука». – 2001. – 382 с.
7. JCGM 106:2012 Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment.
8. Guide OIML G 19:2017 The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology.
9. William D. Corbett, KTA-Tator, Inc. Chair – SSPC Committee C.3.2 / SSPC-PA 2. Procedure for Determining Conformance to dry coating Thickness requirements. – 2013.

## References

1. Outinen J., Samec J., Sokol Z. Research on Fire Protection Methods and a Case Study «Futurum». *Procedia Engineering*, vol. 40, 2012, pp. 334–340.
2. Gian-Luca F. Porcari, Ehab Zalok, Waleed Mekky. Fire induced progressive collapse of steel building constructions: A review of the mechanisms. *Engineering Constructions*, vol. 82, 2015, pp. 261–267.
3. Nedviga E.S., Solov'eva K.I., Kiselev S.S. *Sposoby zashchity stroitel'nykh konstrukttsii ot ogneвого vozdeistviya* [Methods of protection of building structures from the impact of fire]. Moscow, Young scientist Publ., 2015.
4. Fedorov V.S., Levitsky V.E., Molchadsky I.S., Alexandrov A.V. *Ognestoikost' i pozharnaya opasnost' stroitel'nykh konstrukttsii*. [Fire-Resistance and fire danger of building constructions]. Moscow, DIA Publ., 2009, 408 p.

5. Mosolkov I.L., Plyusnina G.F., A. Frolov A. *Ognestoikost' stroitel'nykh konstruksii*. [Fire-Resistance of building structures]. Moscow, Special Equipment Publ., 2001, 496 p.

6. Roitman V.M. *Inzhenernye resheniya po otsenke ognestoikosti proektiruemykh i rekonstruiruemykh zdanii* [Engineering solutions for fire resistance assessment of projected and reconstructed buildings]. Moscow, Association «Fire safety and science», 2001, 382 p.

7. JCGM 106:2012 Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment.

8. Guide OIML G 19:2017 The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology.

9. William D. Corbett, KTA-Tator, Inc. Chair – SSPC Committee C.3.2 / SSPC-PA 2. Procedure for Determining Conformance to dry coating Thickness requirements, 2013.