

Научная статья

Original article

УДК 33

doi: 10.55186/2413046X_2024_9_4_218

**РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА
ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И РАСПОЛОЖЕНИЯ
ФУРНИТУРЫ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ДВЕРЕЙ НА ИХ
ОГНЕСТОЙКОСТЬ**

**DEVELOPMENT OF AN ECONOMICALLY OPTIMAL METHOD FOR
ASSESSING THE IMPACT OF THE CHARACTERISTICS AND
LOCATION OF FIRE DOOR FITTINGS ON THEIR FIRE RESISTANCE**



Портнов Федор Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Комплексная безопасность в строительстве», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Московский Государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), Москва, e-mail: f.portnov@ikbs-mgsu.ru

Portnov Fyodor Alexandrovich, Ph.D., Associate Professor of the Department "Integrated Safety in Construction", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU), Moscow, e-mail: f.portnov@ikbs-mgsu.ru

Аннотация. В статье приведена одна из важных проблем разработки новых видов строительных конструкций, в частности огнестойких дверей, связанная с необходимостью проведения крупномасштабных исследований для оценки влияния на огнестойкость дверных полотен элементов фурнитуры, разнообразие которых приводит к значительным затратам при проведении полноценного анализа. Это также связано с тем, что в настоящее время

разрабатывается большое количество разновидностей подобных элементов и они в свою очередь могут по разному влиять на материалы, применяемые при производстве дверных полотен, пожароопасные характеристики которых известны. В рамках разработки экономически выгодного подхода к исследованию разработана методика, позволяющая проводить анализ малогабаритных образцов. При апробации метода был проведен анализ влияния толщины материала полотна и зоны расположения элемента фурнитуры на огнестойкость. Так зафиксировано, что фурнитура является хладагентом - принимает на себя тепло, проходящее через материал дверного полотна и отводит его в окружающую среду. Тем не менее также зафиксировано, что при малых толщинах конструкции и быстром прогреве слоя материала возможен ее перегрев и снижение эффективности отвода тепла, что приводит к быстрому снижению огнестойкости. В случае размещения фурнитуры внутри материала противопожарной двери, отводимое тепло передается на наружную необогреваемую часть двери, тем самым инициируя ее быстрый прогрев. Фурнитура является хладагентом - принимают на себя тепло и отводит его в окружающую среду, тем не менее при малых толщинах конструкции и быстром прогреве слоя материала возможен ее перегрев и снижение эффективности отвода тепла, а случае размещения фурнитуры внутри материала противопожарной двери, отводимое тепло передается на наружную необогреваемую часть двери, тем самым инициируя ее быстрый прогрев.

Разработанный метод является экономически эффективным вариантом исследования влияния фурнитуры на огнестойкости дверей при выборе ее комплектующих частей.

Abstract. The article presents one of the important problems of developing new types of building structures, in particular fire-resistant doors, related to the need for large-scale studies to assess the impact on the fire resistance of door panels of hardware elements, the variety of which leads to significant costs when conducting

a full-fledged analysis. This is also due to the fact that a large number of varieties of such elements are currently being developed and they, in turn, can have different effects on the materials used in the production of door panels, the fire-hazardous characteristics of which are known. As part of the development of a cost-effective approach to the study, a methodology has been developed that allows the analysis of small-sized samples. When testing the method, an analysis of the effect of the thickness of the fabric material and the area of the hardware element on fire resistance was carried out. It is thus fixed that the fittings are a refrigerant - they take on the heat passing through the door leaf material and divert it to the environment. Nevertheless, it has also been recorded that with small thicknesses of the structure and rapid heating of the material layer, it is possible to overheat it and reduce the efficiency of heat dissipation, which leads to a rapid decrease in fire resistance. In the case of placing fittings inside the fire door material, the heat removed is transferred to the outer unheated part of the door, thereby initiating its rapid warming up. fittings are a refrigerant - they take on heat and dissipate it into the environment, nevertheless, with small thicknesses of the structure and rapid heating of the material layer, it may overheat and reduce the efficiency of heat dissipation, and if the fittings are placed inside the fire door material, the heat is transferred to the outer unheated part of the door, thereby initiating its rapid heating.

The developed method is a cost-effective option for studying the effect of fittings on the fire resistance of doors when choosing its component parts.

Ключевые слова: оптимизация исследований; экономическая составляющая научных подходов; противопожарные двери; огнестойкость строительных конструкций; комплектующие строительных конструкций

Keywords: optimization of research; economic component of scientific approaches; fire doors; fire resistance of building structures; components of building structures

Введение. Анализ статистических данных пожаров, в особенности жилых домов свидетельствует, что сильное развитие пожара возможно вследствие высокой пожароопасности их строительных защитных конструкций и элементов их заполнения [1].

В настоящее время методы исследования поведения конструкций заполнения проемов, в частности огнестойких дверей, в условиях пожара предполагают крупномасштабные испытания полноразмерных конструкций в соответствии с ГОСТ 53307. Известно, что продукция, производимая специализированными организациями, имеет обширный перечень, включающий высокое разнообразие, зависящее от типа материалов, используемых при производстве дверных полотен, их габаритов, в том числе толщины, которая значительно влияет на прогрев конструкции, а также применяемых в конструкции элементов фурнитуры.

В дверных конструкциях заполнения проёмов зданий и сооружений используются различные по происхождению и пожарной опасности материалы. Конструктивные элементы из пластмасс, а также теплоизоляционные и другие материалы в условиях пожара, как правило, не только горят, но и выделяют опасные для человеческого организма токсичные продукты. Данные особенности требуют масштабных испытаний, но определяют конечный состав дверных полотен [2-3].

В настоящее время, при производстве заполнений проемов – дверей, ворот и тому подобных конструкций, внедряют различные дополнительные элементы – дверную фурнитуру, обладающую рядом технологических и эксплуатационных функций. К ним относятся замки, защелки, доводчики и пороги. Применение фурнитуры позволяет повысить удобство и технологичность дверей, а в некоторых случаях и обеспечить безопасность. Существуют элементы, обеспечивающие беспрепятственное открывание дверей для обеспечения эвакуации или же обеспечить плотное закрытие дверей для обеспечения дымогазонепроницаемости.

Элементы фурнитуры, в основном, выполнены из металла, а металл, в свою очередь, очень быстро прогревается, что притягивает большой приток тепла. Кроме того, устройства крепления этих элементов являются тепловыми мостиками. Тепловой мостик – участок с более высокой проводимостью тепла и возможностью его накапливания. Такие мостики значительно снижают прочность и происходит ослабление входной конструкции (расслоение материала полотна). Для наиболее эффективной эксплуатации необходимо понимание их влияния на другие элементы конструкций дверей, что затруднительно и экономически невыгодно исследовать в рамках крупномасштабных испытаний в связи с большим разнообразием видов фурнитуры [4-5].

При этом в настоящее время отсутствуют отдельные не масштабные методы оценки влияния элементов дверной фурнитуры на поведения основной конструкции, характеристики которой известны, при возникновении пожара. Это приводит к значительным затратам при проведении подобных исследований.

Целью работы является разработка оптимального экономически выгодного метода оценки влияния характеристик и расположения фурнитуры противопожарных дверей на их огнестойкость. Для достижения цели должны быть выполнены следующие задачи:

- разработана методика испытания по определению огнестойкости фрагментов конструкции с фурнитурой;
- проведена апробация метода.

Методы оценки и образцы для испытаний

Основным методом по испытаниям дверных конструкций является ГОСТ Р 53307-2009 «Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость». Данный метод позволяет оценить огнестойкость дверных конструкций по потере теплоизолирующей способности (I), которая характеризуется повышением температуры на

необогреваемых поверхностях дверных конструкций, а также потере целостности (Е), которая характеризуется образованием в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя.

В процессе испытаний в огневом пространстве создается температурный режим, характеризуемый следующей зависимостью:

$$T - T_0 = 345 \cdot \lg(8t + 1),$$

где T - температура в печи, соответствующая времени t , °С;

T_0 - температура в печи до начала теплового воздействия (принимают равной температуре окружающей среды), °С;

t - время, исчисляемое от начала испытания, мин.

Для оптимизации исследования влияния фурнитуры на материалы, из которых выполнена конструкция дверей разработана методика, позволяющая испытывать фрагменты конструкций дверей.

Испытания проводились с образцами размером 300x300 мм, размещенными в проеме огневого пространства в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2. В качестве образца использовался фрагмент полотна конструкции заполнения проемов – ДСП с различной толщиной и установленными стальными пластинами, имитирующими элементы врезанной или навесной фурнитуры. Перечень образцов приведен в таблице 1.



Рисунок 2 – Схема конструкционного исполнения образца

Наименование образца	Толщина	Металлическая пластина 150x150 мм
Образец 1-1	6 мм	-
Образец 1-2	12 мм	-
Образец 1-3	18 мм	-
Образец 1-4	24 мм	-
Образец 2-1	6 мм	Навесная
Образец 2-2	12 мм	Навесная
Образец 2-3	18 мм	Навесная
Образец 2-4	24 мм	Навесная
Образец 3-1	12 мм + 6 мм	Врезанная

Образцы 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 представляли собой ДСП с различной толщиной без элементов фурнитуры. Образцы 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 представляли собой ДСП с различной толщиной с установленными стальными пластинами размерами 150x150 мм и толщиной 2 мм с помощью саморезов. Образец 3-1 представлял собой ДСП с элементом фурнитуры в виде стальной пластины размерами 150x150 мм и толщиной 2 мм, находящейся между листами фанеры толщиной 12 мм и 6 мм, при этом слой ДСП 12 мм располагался со стороны огневого пространства.

Образец устанавливается на элемент ограждающей конструкции с отверстием 250x250 мм с помощью саморезов. Края образца прокладываются теплоизоляционным материалом (кремоволоконная ткань) для защиты от проникновения продуктов горения через стыки образца и ограждающей конструкцией заполнения проемов.

Для контроля температуры на необогреваемой поверхности образцов устанавливались термоэлектрические преобразователи в геометрическом центре образцов.

В процессе проведения испытаний регистрируются время наступления предельных состояний и их вид. В качестве предельных состояний по потере

целостности оценивалось появление устойчивого пламени на необогреваемой поверхности, воспламенение или тление поднесенного на 10 сек. ватного тампона, а также образование в конструкции сквозных щелей или отверстий определенных размеров, через которые на обратную (необогреваемую) поверхность проникают продукты горения и (или) открытое пламя. Потеря теплоизолирующей способности характеризовалась повышением температуры на необогреваемой поверхности на 140°C в среднем или на 180°C в самой горячей точке.

За результат испытания одного образца принимается время (в минутах) наступления предельного состояния этого образца.

Результаты испытаний и их обсуждение

В результате проведенных испытаний были получено время достижения предельных состояний образцов (таблица 2). На основании проведенных исследований были получены графические зависимости температуры на необогреваемой поверхности образцов от времени (рисунок 3).

Таблица 2 – Время достижения предельных состояний

Наименование	Время достижения воспламенения	Время достижения 180°C
Образец 1-1	8 минут 30 секунд	7 минут
Образец 1-2	13 минут	11 минут
Образец 1-3	21 минута	16 минут 30 секунд
Образец 1-4	27 минут	23 минуты 40 секунд
Образец 2-1	7 минут 55 секунд	5 минут 20 секунд
Образец 2-2	17 минут	14 минут 30 секунд
Образец 2-3	24 минуты 30 секунд	22 минуты
Образец 2-4	29 минут 30 секунд	25 минут 30 секунд
Образец 3-1	14 минут 30 секунд	11 минут

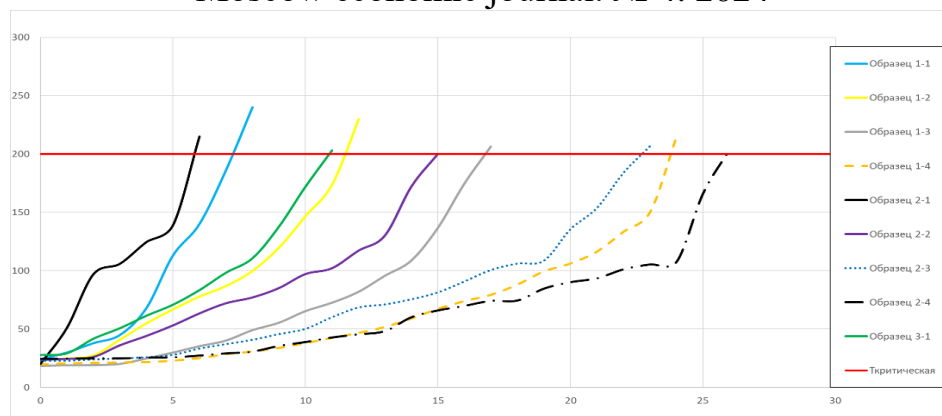


Рисунок 3 – График зависимости температуры на необогреваемой поверхности образцов от времени

На основании полученных результатов наблюдается значительное влияние навесных элементов фурнитуры на поведение материалов, применяемых для конструкций дверей при возникновении пожара. В случае малой толщины материала (8 мм) происходит быстрая передача большого количества тепла к стальной пластине, что препятствует свободному отводу тепла от материала конструкции двери, что приводит к воспламенению спустя 6 минут (рисунки 4-5). При этом характерно воспламенение до полного прогорания ДСП.



Рисунок 4. Образец 2-1 до испытания



Рисунок 5. Образец 2-1 после испытания

В случае отсутствия стальной пластины отсутствуют препятствия отводу тепла и возгорание происходит в момент полного прогорания ДСП (рисунки 6-7).



Рисунок 6. Образец 1-1 до
испытания



Рисунок 7. Образец 1-1 после
испытания

При испытании образцов большей толщины (12 и 18 мм) навесная фурнитура становится хладагентом для материала конструкции двери, то есть позволяет отводить тепло в связи с высокими показателями теплопроводности в связи с тем, что прогрев материала происходит медленнее, чем случае с образцами толщиной 8 мм. Таким образом для ДСП толщиной 12 мм время достижения предельного состояния без навесной фурнитуры происходит через 11 минут, а с навесной фурнитурой через 14,5 минут. Аналогичная картина при испытании образцов с ДСП толщиной 18 мм – 16,5 минут без фурнитуры и 22 минуты с фурнитурой.

Были проведены испытаний образцов, имитирующих наличие врезной фурнитуры, располагаемой между слоями ДСП (рисунки 8-9). Во время испытаний стальная пластина, имитирующая врезную фурнитуру, не могла отводить тепло также как в случае с навесной фурнитурой, тем самым она была тепловым мостиком и обеспечивала значительный набор температуры на необогреваемой поверхности образца. Таким образом время достижения предельного состояния в данном случае составило 11 минут, что показывает результат на уровне образцов толщиной 8 мм.



Рисунок 8. Образец 3-1 до
испытания



Рисунок 9. Образец 3-1 после
испытания

Выводы

В результате проведенного анализа и испытаний можно сделать следующие выводы:

- Разработана методика испытаний по оценке влияния дверной фурнитуры на огнестойкость фрагментов противопожарных дверей.
- Проведена апробация разработанного метода, при которой видно, что фурнитура является хладагентом, принимает на себя тепло и отводит его в окружающую среду. Тем не менее при малых толщинах конструкции и быстром прогреве слоя материала возможен ее перегрев и снижение эффективности отвода тепла, а случае размещения фурнитуры внутри материала противопожарной двери, отводимое тепло передается на наружную необогреваемую часть двери, тем самым инициируя ее быстрый прогрев
- Разработанный метод является экономически эффективным вариантом исследования влияния фурнитуры на огнестойкости дверей при выборе ее комплектующих частей.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2019, - 125 с.: ил. 42.

2. Круглов Е.Ю. Влияние разновидности и продолжительности эксплуатации древесины на время наступления опасных факторов пожара для объектов с деревянными конструкциями [Текст] / Е.Ю. Круглов, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков, С.Б. Сивенков // Промышленное и гражданское строительство.- 2012. - №7. -С.56-58.
3. Сивенков А.Б. Влияние физико-химических характеристик древесины на ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты [Текст] / автореферат дис. доктора. техн. наук: 02.00.06 / Сивенков Андрей Борисович. - М., 2015. - 49 с.
4. Макишев Ж.К., Сивенков А.Б. Огнестойкость деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации. 2016.
5. Николаева В. М. Анализ преимуществ и недостатков противопожарных дверей. 2021.

References

1. Fires and fire safety in 2018: A statistical collection. Under the general editorship of D.M. Gordienko. - M.: VNIPO, 2019, 125 p.: ill. 42.
2. Kruglov E.Yu. The influence of the variety and duration of wood exploitation on the onset of fire hazards for objects with wooden structures [Text] / E.Yu. Kruglov, B.B. Serkov, A.B. Sivenkov, S.B. Sivenkov // Industrial and civil engineering.- 2012. - No.7. -pp.56-58.
3. Sivenkov A.B. The influence of physico-chemical characteristics of wood on its fire hazard and fire protection efficiency [Text] / abstract of the dissertation of the doctor. Technical sciences: 02.00.06 / Sivenkov Andrey Borisovich. - M., 2015. - 49 p.
4. Makishev Zh.K., Sivenkov A.B. Fire resistance of wooden structures with a long service life. 2016.
5. Nikolaeva V. M. Analysis of the advantages and disadvantages of fire doors. 2021.