



Столыпинский  
вестник

Научная статья

Original article

УДК 620.9 (476)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

RESEARCH OF FIRE RESISTANCE OF METAL STRUCTURES

**Потапова Екатерина Александровна**, магистр ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86), тел.+7 (4162) 99-51-12, [www.dalgau.ru](http://www.dalgau.ru), [potapova.ekaterina.99@mail.ru](mailto:potapova.ekaterina.99@mail.ru)

**Potapova Ekaterina Alexandrovna**, Far Eastern State Agrarian University (675005, Far Eastern Federal District, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikheskaya St. 86), tel. +7 (4162) 99-51-12, [www.dalgau.ru](http://www.dalgau.ru), [potapova.ekaterina.99@mail.ru](mailto:potapova.ekaterina.99@mail.ru)

**Аннотация:** В современном мире металлические конструкции занимают важную часть в сфере строительства и находят широкое применение в зданиях и сооружениях в виде колонн, балок, ферм, различных стержневых и плоскостных систем, а также узловых связей и креплений. Безусловно, такие лидирующие позиции металлических конструкций в современном строительстве объяснимы тем, что они обладают высокой прочностью и долговечностью, определяющей высокую надёжность работы конструкций и способность в различной степени выдерживать значительные нагрузки. металлоконструкции являются основной частью большинства объектов. Чаще всего сталь используется для изготовления прочных и

долговечных рам. Несмотря на то, что этот материал является негорючим, длительное воздействие высоких температур очень негативно сказывается на нем. Несущая способность стали теряется при длительном воздействии температур выше 400°C. В настоящей статье, автором предпринята попытка научного анализа и критического осмысления проблемы исследования огнестойкости металлических конструкций.

**Abstract:** In the modern world, metal structures occupy an important part in the field of construction and are widely used in buildings and structures in the form of columns, beams, trusses, various rod and planar systems, as well as nodal connections and fasteners. Of course, such leading positions of metal structures in modern construction can be explained by the fact that they have high strength and durability, which determines the high reliability of structures and the ability to withstand significant loads to varying degrees. Steel structures are the main part of most objects. Most often, steel is used to make strong and durable frames. Despite the fact that this material is non-combustible, prolonged exposure to high temperatures has a very negative effect on it. The bearing capacity of steel is lost when exposed to temperatures above 400°C for a long time. In this article, the author made an attempt to scientific analysis and critical understanding of the problem of studying the fire resistance of metal structures.

**Ключевые слова:** металлические конструкции, защитные покрытия, огнестойкость, металлы, срок эксплуатации, сплавы, старение.

**Keywords:** metal structures, protective coatings, fire resistance, metals, service life, alloys, aging.

Необходимо отметить, что одним из основных факторов, которые оказывают влияние на прочность металлической конструкции при пожаре, является возраст металлической конструкции.

Известно, что здания в условиях длительного процесса эксплуатации теряют свою устойчивость, происходят необратимые деформации как отдельных элементов, так и здания в целом, а также потеря несущей способности строительных конструкций и их физический износ.

В результате длительной эксплуатации сталь становится менее надёжной. Фактически процесс старения приводит к изменению физико-химических, механических характеристик, а именно к повышению предела текучести, уменьшению ударной вязкости и остаточного относительного удлинения. Процесс старения протекает по причине образования структурно-свободного цементита по границам зёрен феррита вследствие того, что примеси (углерод, азот и др.) с течением времени выделяются из твёрдого раствора. [4, с. 108]

Важным фактором, приводящим к ухудшению качественных характеристик металлических конструкций, является не только длительная механическая нагрузка, но и воздействие факторов окружающей среды. В процессе старения металлов неизбежны усталостные напряжения и другие физико-химические процессы, приводящие к ухудшению эксплуатационных характеристик металлических конструкций.

В условиях эксплуатации стальных конструкций при повышении содержания углерода в стали с учётом действия механической нагрузки, а также факторов окружающей среды, особенно в процессе протекания коррозионных процессов, утрата прочности будет происходить более интенсивно. Одновременное воздействие нескольких факторов может привести к значительному снижению несущей способности стальной конструкции в условиях пожара. При температурах более 250-300 °С наблюдается снижение прочностных характеристик стали (содержание углерода 0,27 %), а зависимость предела прочности имеет экстремальный характер. [1, с. 11]

При температурах 400-500 °С происходит значительное снижение механической прочности стали. Не случайно для многих марок стали критическая температура имеет значение в пределах от 400 до 600 °С в зависимости от характеристик стальной конструкции, величины нагрузки и напряжённого состояния. [2, с. 28]

Одним из важных аспектов при анализе пожарной безопасности объектов является использование надёжных методик расчета огнестойкости конструкций. Известно, что конструкция с фактическим пределом огнестойкости сохраняет свою

несущую функцию в течение периода времени, необходимого для обеспечения безопасности.

Упрощенные модели расчета огнестойкости конструкций рассчитывают структурное поведение элементов индивидуально, рассматривая каждый структурный элемент изолированно от остальной части конструкции, и основаны на упрощенных методах. Некоторые из них включены в зонные или полевые модели пожара. [6, с. 93]

Существуют так же отечественные и зарубежные программные продукты, реализующие различные модели огнестойкости конструкций. Их области применения представлены в табл. 1.

Предел огнестойкости стальных конструкций устанавливается по времени (в минутах) при стандартном температурном режиме пожара до потери несущей способности в нагретом состоянии. Расчет предела огнестойкости включает в себя решение двух задач: статической (прочностной) и теплотехнической.

Процесс расчета предела огнестойкости не только трудоемкий, но и имеет ряд особенностей, учет которых обязателен и вызывает определенные сложности: [3, с. 64]

- во-первых, сложность расчетов вызвана разнообразием металлических профилей современных строительных конструкций;
- во-вторых, в условиях воздействия высоких температур изменяются теплофизические свойства непосредственно самих несущих стальных элементов конструкций.

При решении статической задачи определяется критическая температура для данной конструкции, при которой она теряет способность сопротивляться нагрузке, а при теплотехнической – время достижения прогрева металлической конструкции до заданной критической температуры.

Решение прочностной задачи осуществляется в зависимости от профиля металлического элемента, его геометрических размеров, формы, площади поперечного сечения, схемы и периметра обогрева сечения элемента, метода крепления, условий работы, величины нормативной нагрузки и марки стали.

Таблица 1. Программные комплексы на основе моделей огнестойкости конструкций

Название программы	Страна происхождения	Область применения
AFCB AFCC	Люксембург	Расчет огнестойкости композитных балок в соответствии с Еврокодом 4
CIRCON	Канада	Расчет огнестойкости железобетонных балок с круглым поперечным сечением
COFIL		Расчет огнестойкости пустотелых стальных профилей с заполнением неармированным бетоном
INSTAI		Расчет огнестойкости пустотелых стальных балок круглого поперечного сечения с теплоизоляционным покрытием
INSTCO	-	Расчет огнестойкости трубчатого стального профиля круглого поперечного сечения с бетонным заполнением
RCCON	-	Расчет огнестойкости железобетонных балок с прямоугольным поперечным сечением
RECTST	-	Расчет огнестойкости пустотелых стальных балок прямоугольного поперечного сечения с теплоизоляционным покрытием
SQCON	-	Расчет огнестойкости квадратных железобетонных балок
WSHAPS	-	Расчет огнестойкости защищенных стальных двутавров
Elefir	Бельгия	Расчет огнестойкости стальных конструкций в соответствии с Еврокодом 3
H-Fire	Германия	Расчет огнестойкости композитных элементов в условиях пожара с использованием моделей на основе Еврокода 4, часть 1-2
POTFIRE	Франция	Расчет огнестойкости пустотелых профилей с заполнением бетоном в соответствии с Еврокодом 4
Pozarní odolnost	Чехия	Расчет огнестойкости стальных элементов в условиях пожара на основе Еврокода 3, часть 1-2

Предел огнестойкости несущих металлоконструкций, исходя из их приведенной толщины, составляет от 8 до 15 минут, в то время как согласно нормативной документации минимальные значения, требуемых пределов огнестойкости несущих элементов зданий варьируются от 15 и до 120 минут, который определяется в зависимости от степени огнестойкости зданий.

Внедрение огнезащитных покрытий экономически выгодное и рациональное решение, в сравнении с безосновательным использованием металлоконструкций с большей толщиной металла только лишь с целью обеспечения требуемого уровня огнестойкости. [5, с. 146]

Проведение огнезащитных мероприятий решает две задачи:

1. Повышение устойчивости несущих металлоконструкций в условиях тепловых нагрузок с помощью увеличения предела огнестойкости;

2. Уменьшение скорости распространения и развития пожара на защищаемых объектах, вследствие снижения горючести используемых материалов и скорости распространения пламени по их поверхности [5, с. 2].

Подбор метода огнезащиты металлоконструкции зависит от основных факторов, таких как:

- величина необходимого уровня огнестойкости конструкции;
- конфигурация металлической конструкции (колонны, стойки, ригели, балки);
- вид нагрузки, действующей на конструкцию (статическая, динамическая);
- ограничения по весу огнезащитного покрытия;
- условия эксплуатации и производства работ по огнезащите (сухие, мокрые, агрессивные процессы);
- увеличение нагрузки на конструкцию за счет огнезащиты и др.

При проектировании огнезащиты учитывается срок службы огнезащитного покрытия, а также возможность его восстановления и ремонта.

### Литература

1. Зими́на, А. А. Современные методы повышения огнестойкости металлических конструкций / А. А. Зими́на, А. М. Суханов, Э. В. Симаков // Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2019. – С. 10-12.
2. Медведько, Г. А. Способы повышения огнестойкости металлических конструкций / Г. А. Медведько, С. Г. Аксенов // Студенческий форум. – 2022. – № 13-3(192). – С. 28-29.

3. Митрофанов, С. В. Огнестойкость металлических конструкций промышленного здания при различных очагах возгорания / С. В. Митрофанов // Строительство и техногенная безопасность. – 2017. – № 8(60). – С. 61-65.
4. Смирнов, В. К. Исследование на огнестойкость металлических конструкций зданий и сооружений / В. К. Смирнов, Т. Г. Федорова // Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2019. – С. 104-111.
5. Федоров, А. Г. Методы повышения пределов огнестойкости металлических конструкций при тепловых нагрузках / А. Г. Федоров // Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 144-148.
6. Шахабов, М. М. Об огнестойкости металлических конструкций длительного срока эксплуатации / М. М. Шахабов, А. Б. Сивенков // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2021. – № 10. – С. 89-95.

#### References

1. Zimina, A. A. Modern methods of improving the fire resistance of metal structures / A. A. Zimina, A. M. Sukhanov, E. V. Simakov // Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy. T.S. Maltseva, 2019. – P. 10-12.
2. Medvedko, G. A. Ways to improve the fire resistance of metal structures / G. A. Medvedko, S. G. Aksenov // Student Forum. - 2022. - No. 13-3 (192). – P. 28-29.
3. Mitrofanov, S. V. Fire resistance of metal structures of an industrial building at various sources of ignition / S. V. Mitrofanov // Construction and technogenic safety. - 2017. - No. 8 (60). – P. 61-65.
4. Smirnov, V. K. Research on fire resistance of metal structures of buildings and structures / V. K. Smirnov, T. G. Fedorova // Cheboksary: Chuvash State University named after I.N. Ulyanova, 2019. – P. 104-111.

5. Fedorov, A. G. Methods for increasing the fire resistance of metal structures under thermal loads / A. G. Fedorov // Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2022. – P. 144 -148.
6. Shakhabov, M. M. On the fire resistance of long-term metal structures / M. M. Shakhabov, A. B. Sivenkov // Problems of technosphere safety: materials of the international scientific-practical conference of young scientists and specialists. - 2021. - No. 10. – P. 89-95.

© *Потапова Е.А., 2022 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2022.*

**Для цитирования:** Потапова Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2022.