

Материал взят с сайта airless.com.ua
066-222-22-02, 050-531-59-00



Огнезащита стальных несущих конструкций

Область применения различных способов огнезащиты определяют с учетом требуемого предела огнестойкости металлической конструкции, ее типа и ориентации в пространстве (колонны, стойки, ригели, балки, связи), вида нагрузки, действующей на конструкцию (статическая, динамическая), температурно-влажностного режима эксплуатации и производства работ по огнезащите (сухие, мокрые процессы), степени агрессивности окружающей среды, увеличение нагрузки на конструкцию за счет огнезащиты, эстетических требований и др.

Строительные металлические конструкции, не распространяющие огонь, имеют неорганическую структуру и являются негорючими. В условиях пожара металлические конструкции в основном теряют свою несущую способность через 15 минут (0,25 часа) [Л1], поэтому в тех случаях, когда требуемый предел огнестойкости превышает это значение, металлические колонны, фермы и балки подвергают огнезащите.

Требование по огнезащите конструкций сооружений регламентируется соответствующими СНиП, начиная от СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» и СНиП, конкретизирующих требования к данному типу сооружений, например, Промышленные предприятия – СНиП 2.09.03-89 «Сооружения промышленных предприятий» или СНиП 2.08.01-89* «Жилые здания», СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания» и т.д.

Огнезащита должна обеспечить высокую сопротивляемость конструкций действию огня и высоких температур, иметь низкую теплопроводность и достаточную адгезию к металлу. Она должна быть долговечной, иметь низкую стоимость, технология нанесения должна быть доступной.

Характеристика металлических конструкций и требования к их огнестойкости

В соответствии с требованиями СНиП 21-01-97, здания делятся на 5 степеней огнестойкости в зависимости от значений пределов огнестойкости основных строительных конструкций, принимаемых в часах или минутах, и пределов распространения огня по ним, принимаемым в сантиметрах. Нормированию подлежат: стены, перегородки, колонны, элементы лестничных клеток, перекрытий и покрытий. При несоответствии хотя бы одного из элементов здания (сооружения) требуемым значениям степень огнестойкости всего здания уменьшается до степени огнестойкости, где значение фактического предела огнестойкости не менее требуемого.

В зависимости от степени огнестойкости здания или сооружения нормы пожарной безопасности регламентируют их назначение, противопожарные разрывы, этажность, площадь пожарных отсеков, длину путей эвакуации и т.п.

Строительные конструкции характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью.

Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени наступления одного или последовательно нескольких нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний:

- потери несущей способности,
- потери целостности,
- потери теплоизолирующей способности.

Пределы огнестойкости строительных конструкций устанавливаются по ГОСТ 30247.

По пожарной опасности строительные конструкции подразделяются на 4 класса:

- КО (непожароопасные)
- К1 (малопожароопасные)
- К2 (умереннопожароопасные)
- К3 (пожароопасные)

Класс пожарной опасности строительных конструкций устанавливается по ГОСТ 30403.

Факторами, определяющими воздействие пожара на стальные конструкции, являются по мнению авторов [Л2]: уровень рабочих напряжений, температура прогрева конструкции и длительность воздействий. Влияние повышенных температур пожара приводит к изменению прочностных и деформационных свойств применяемых сталей, появлению температурных напряжений и деформаций, а длительность процесса обуславливает возможность возникновения значительных деформаций ползучести. Все это может привести к получению стальными конструкциями необратимых деформаций, потери ими несущей или ограждающей способности. В свою очередь, потеря ограждающей способности может явиться причиной распространения пожара в смежных помещениях здания со стальным пространственным каркасом, а потеря несущей способности конструкций может вызвать обрушение самих конструкций.

С ростом температуры теплопроводность сталей падает, а удельная теплоемкость увеличивается.

По данным [Л3], в процессе нагрева несущие стальные конструкции находятся под действием постоянной рабочей нагрузки, а металл этих конструкций нагревается в напряженном состоянии. В этом случае рост деформации и снижение прочности металла зависят от режима его нагрева, так как эти процессы происходят во времени, и, следовательно, связаны с явлением ползучести.

До определенной температуры деформация стали увеличивается примерно с постоянной скоростью в основном за счет температурного расширения. Затем начинает проявляться температурная ползучесть стали, и скорость роста деформации образца плавно возрастает. За пределами $\epsilon_{at} = 3\%$, вследствие резкого увеличения ползучести, кривая полных деформаций стали быстро приближается к вертикали. Следовательно, можно принять, что при значении $\epsilon_{at} = 3\%$ достигается предел прочности нагретой стали.

Незащищенные несущие металлические конструкции, как правило, имеют очень низкий предел огнестойкости, ч.:

стальные - в среднем 0,25

Исключение составляют стальные мембранные покрытия и колонны массивного сплошного сечения, у которых предел огнестойкости без огнезащиты может достигать 0,75 ч. Низкая огнестойкость большинства металлических конструкций объясняется главным образом их тонкостенностью, т.е. малой теплоемкостью.

Так, например, теплоемкость стальной колонны коробчатого сечения 300x300x10 мм, имеющей предел огнестойкости 0,23 ч, при 500°C составляет ~ 63x10³ Дж/м, а железобетонная колонна сплошного сечения 300x300 мм, у которой предел огнестойкости превышает 2 часа имеет теплоемкость 260x10³ Дж/м, т.е. в четыре раза больше.

Повышение теплоемкости стальных колонн путем применения сплошного сечения размером, например, до 300x300 мм не позволяет увеличить их огнестойкость до величины, которая характерна для колонн из железобетона. Причиной этого является огромная теплопроводность стали, благодаря чего все сечение металлической конструкции быстро прогревается до высоких температур, в то время как центральная часть железобетонных колонн (ядро сечения) до высоких температур прогревается очень медленно.

Способы огнезащиты металлических конструкций

Огнезащита предназначена для повышения фактического предела огнестойкости конструкций до требуемых значений. Эту задачу выполняют путем использования теплозащитных и теплопоглощающих экранов, специальных конструктивных решений, огнезащитных составов, технологических приемов и операций, а также применением материалов пониженной горючести. Огнезащитное действие экранов основывается либо на их высокой сопротивляемости тепловым воздействиям при пожаре, сохранением в течение заданного времени теплофизических характеристик при высоких температурах, либо на их способности претерпевать структурные изменения при тепловых воздействиях с образованием коксоподобных пористых структур, для которых характерна высокая изолирующая способность.

Расположение огнезащитных экранов может осуществляться либо непосредственно на поверхности защищаемых конструктивных элементов, либо на откосе с помощью специальных мембранкоробов, каркасов, закладных деталей.

Огнезащита предусматривает применение конструктивных методов, использование теплозащитных экранов из облегченных составов, наносимых на поверхность конструкций высокопроизводительными промышленными методами.

Конструктивные методы огнезащиты включают обетонирование, обкладку кирпичом, оштукатуривание, использование крупноразмерных листовых и плитных огнезащитных облицовок, применение огнезащитных конструктивных элементов (например огнезащитных подвесных потолков), заполнение внутренних полостей конструкций, подбор необходимых сечений элементов, обеспечивающих требуемые значения пределов огнестойкости конструкций, разработку конструктивных решений узлов примыкания, сопряжений и соединений конструкций.

Кирпичную и бетонную облицовку применяют [Л4] для повышения предела огнестойкости стальных конструкций до 2 ч и более. При этом бетонную облицовку толщиной 50 мм и более армируют стальным каркасом (хомутом и продольными

стержнями) во избежание преждевременного ее обрушения при действии огня. Для исключения этого явления в случае кирпичной облицовки толщиной в 1/4 кирпича (65 мм) в ее швах также устанавливаются стальные анкеры или хомуты.

Цементно-песчаная штукатурка толщины 25-60 мм, наносимая по стальной сетке, используется для повышения предела огнестойкости металлических конструкций до 2-х и более часов.

При толщине 40-60 мм штукатурку армируют двойной сеткой, что предохраняет ее от преждевременного обрушения при пожаре.

Отмеченные выше облицовки достаточно надежны и долговечны. Однако они существенно увеличивают массу конструкций и являются трудоемкими. Стремление снизить массу огнезащитной облицовки привело к разработке легких штукатурок на основе перлита, вермикулита и других эффективных материалов. Эти облицовки имеют малую плотность (200-600 кг/см³) и поэтому низкую теплопроводность. Они могут применяться для повышения огнестойкости конструкций до 4-х часов.

Для огнезащитной облицовки можно использовать полужесткие минераловатные плиты, укрепляемые с помощью стальных анкеров и каркасов. В этом случае необходимо предусматривать антикоррозионную защиту конструкций и достаточную отделку наружной поверхности минераловатной облицовки декоративными материалами.

Для повышения предела огнестойкости 0,75 ч - 1,5 ч применяют огнезащитные краски, лаки, эмали. Они выполняют следующие функции: являются защитным слоем на поверхности материалов, поглощают тепло, выделяют ингибиторные газы, высвобождают воду. Подразделяются на две группы: не вспучивающиеся и вспучивающиеся. Невспучивающиеся краски при нагревании не увеличивают толщину своего слоя. Вспучивающиеся краски при нагревании увеличивают толщину слоя в 10-40 раз. Как правило, вспучивающиеся краски более эффективны, так как при тепловых воздействиях происходит образование вспененного слоя, представляющего собой закоксовавшийся расплав негорючих веществ (минеральный остаток). Образование этого слоя происходит за счет выделяющихся при нагревании газо- и парообразных веществ. Коксовый слой обладает высокими теплоизоляционными качествами.

Наиболее технологичным является устройство тонкослойных покрытий с использованием вспучивающихся составов на органической основе. Их огнезащитные свойства проявляются за счет увеличения толщины слоя и изменения теплофизических характеристик при интенсивном тепловом воздействии в условиях пожара.

При воздействии высоких температур покрытие вспучивается, значительно увеличивается в объеме с образованием коксового пористого слоя. Вспучивающиеся покрытия являются многокомпозиционными системами, состоящими из связующего, антипирена и пленкообразователей. При воздействии высоких температур эти вещества разлагаются, выделяя пары или газы, которые блокируют конвективный перенос тепла к защищаемой поверхности, подавляя пламя вблизи слоя покрытия и уменьшают радиационный поток тепла.

Образующийся пористый слой обугливается покрытие является теплоизоляционным слоем между источником тепла и защищаемой поверхностью. Объем образовавшегося обугленного слоя, в зависимости от состава, может составлять от 5 до 200 первоначальных объемов покрытия.

Коэффициент вспучивания зависит не только от природных свойств материала, но

и от условий его нагревания (максимальной температуры и скорости подъема ее). Поэтому для одного и того же материала, обладающего способностью вспучиваться при нагревании, коэффициент вспучивания может колебаться в очень широких пределах. Причиной вспучивания и образования пористости служит выделение водяного пара или газа при высоких температурах. Одни виды сырья при нагреве размягчаются, что способствует возникновению в них пор, другие растрескиваются и распадаются на более мелкие частицы, чем до нагрева, что также приводит к образованию высокопористой структуры.

По мнению [Л.5], механизм работы вспучивающегося покрытия заключается в следующем. При одностороннем нагреве покрытия в его подповерхностном слое формируется переменное по толщине и во времени температурное поле, а также выделяются газообразные продукты термического разложения полимерной или минеральной основы. В результате этого увеличивается пористость материала и в порах создается повышенное давление. В диапазоне температур (наружная поверхность - поверхность защищаемой конструкции) каркас пористого подповерхностного слоя проходит через пластичное (вязко-текучее) состояние и под действием внутреннего давления вытягивается до образования в «узких местах» разрывов - локальных трещин, через которые избыток газов пиролиза вытекает в окружающую среду, взаимодействуя с ней. Локальные деформации каркаса, суммируясь по возрастающей во времени толщине пластичного слоя, создают эффект вспучивания - перемещение поверхности покрытия «навстречу» внешнему тепловому потоку.

По мере роста температуры каркас затвердевает и фиксируется в пространстве, образуя вспененный слой, в ячейках которого содержится азот и углекислый газ.

Огнестойкость металлоконструкций (способность сохранять прочность и жёсткость при непосредственном воздействии огня) очень невелика:

- сталь толщиной 3 мм выдерживает открытый огонь в течении 5 мин.;
- толщиной 30 мм – 27 мин.

Поэтому во избежание трагических последствий в случае пожара, на поверхности металлоконструкций обязательно необходимо огнезащитное покрытие. Чтобы иметь необходимую огнезащиту с минимальными затратами, её необходимо тщательно рассчитать.

Проект расчёта огнезащиты должен содержать следующие разделы:

- обоснование выбора средств и способа огнезащиты;
- определение толщины защитного слоя для каждого типа конструкции;
- чертежи конструктивной огнезащиты.

Нанесение огнезащиты

Проведённые в пределах этого проекта расчёты позволят осуществить обоснованный выбор:

- материалов, структуры, формы, размеров, условий заделки;
- параметров огнезащиты каждой металлоконструкции.

Толщину слоя огнезащитного покрытия для каждой конкретной конструкции можно определить двумя способами: экспериментальным и расчётным.

Экспериментальный метод расчёта толщины покрытия заключается в следующем. На основании ряда экспериментальных оценок предела огнестойкости конструкций с различной толщиной металла и разными толщинами покрытий собирается и систематизируется информация. Когда возникает потребность, на основании этой информации для конкретного случая строятся графики зависимости, с помощью которых рассчитываются параметры наносимого слоя.

Огнеупорным составом покрыты все поверхности

Наукой установлено, что температура металлических конструкций в процессе нагрева зависит от приведенной толщины металла. Поэтому при выполнении проекта огнезащиты, в первую очередь, должны быть выполнены расчёты этого параметра.

Приведённая толщина металла — это отношение площади поперечного сечения металлической конструкции к периметру её обогреваемой поверхности.

Площадь поперечного сечения берётся из справочника сортамента.

Периметр обогреваемой поверхности — это сумма длин сторон конструкции, которая находится в свободном доступе для воздействия огня и теплового потока.

Приведённая толщина металла определяется по формуле:

$$F_{пр} = \frac{S}{P} \times 10$$

где:

$F_{пр}$ — приведённая толщина металла;

S — площадь поперечного сечения, в кв. см;

P — обогреваемый периметр, в см.

На основании полученных результатов, технического задания и требований СНиП (например, для общественных зданий и сооружений СНиП 2.08.02 – 89) определяется необходимая степень огнестойкости здания.

Далее, по СНиП 21-01-97 определяется требуемый для достижения этого показателя предел огнестойкости элементов конструкции:

- маршей и площадок лестниц;

- колон;

- элементов покрытий и т. д.

Выбирается тип (марка) покрытия и по справочным таблицам к выбранному

материалу определяется толщина и количество слоёв. При необходимости (если сложная конструкция поверхности) выпускаются рабочие чертежи покрытия. огнезащитные составы наносятся на поверхность поршневыми окрасочными агрегатами высокого давления безвоздушного распыления, при контроле толщины слоя толщиномерами покрытий