

УДК 69

## УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРА



## REINFORCEMENT OF STRUCTURES AFTER THE CONSEQUENCES OF A FIRE

**Себелева Арина Александровна**

студентка,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
arinaseb98@mail.ru

**Каранова Влада Владимировна**

студентка,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
karanovavl@gmail.com

**Аннотация.** В настоящее время ущерб, причиняемый пожарами, увеличивается с каждым годом. Последствия пожара приносят различный уровень физического износа. Усиление зданий позволяет не только продлить жизненный цикл, но и значительно улучшить качество строения и энергоэффективность.

**Ключевые слова:** обследование, разрушение конструкций, восстановление, температурный режим, стойкость бетона, степень повреждения, усиление.

**Sebeleva Arina Aleksandrovna**

Student,  
Kuban State Technological University  
arinaseb98@mail.ru

**Karanova Vlada Vladimirovna**

Student,  
Kuban State Technological University  
karanovavl@gmail.com

**Annotation.** Currently, the damage caused by fires is increasing every year. The consequences of a fire bring different levels of physical wear and tear. Strengthening buildings allows not only to extend the life cycle, but also to significantly improve the quality of the building and energy efficiency.

**Keywords:** inspection, destruction of structures, restoration, temperature regime, concrete resistance, degree of damage, reinforcement.

**В** строительных конструкциях зданий и сооружений используются различные конструкции, выполненные из материалов, обладающих различной пожарной опасностью.

Конструкции, выполненные из железобетона, кирпича, бетона способны в условиях пожара сопротивляться действию огня в течении продолжительного промежутка времени от нескольких десятков минут до нескольких часов, в зависимости от характера пожара.

Если пожар носит локальный характер (локальный пожар), то инженерное обследование строительных конструкций проводится одноэтапно. Если пожар носит объемный характер (объемный пожар), то инженерное обследование строительных конструкций следует проводить в три этапа, включающих:

1) подготовительные работы к проведению инженерного обследования (спредварительным выездом специалистов на объект);

2) визуальное обследование;

3) детальное инструментальное обследование.

Предварительное обследование проводится местной комиссией с целью:

– выяснения возможности пребывания людей и выполнения технологического процесса в здании после пожара;

– выявления полностью или сильно разрушенных конструкций, а также опасных зон для пребывания людей;

– принятия решения о дальнейших мерах, направленных на ликвидацию последствий пожара собственными силами или с привлечением специализированных организаций для проведения инженерного обследования и разработки проекта восстановления поврежденных пожаром конструкций и здания в целом;

– сбора и подготовки необходимых исходных материалов для проведения детального инженерного обследования поврежденных пожаром конструкций;

– принятия мер по ограничению (запрещению) доступа людей в зону действия пожара, за исключением специалистов, участвующих в ликвидации последствий пожара, по мере необходимости;

– организации работ по устройству страховочных опор, подмостей, лестниц и освещения в зоне пожара для безопасного проведения инженерного обследования поврежденных конструкций.

В зоне аварийного воздействия пожара все дефектные конструкции должны подлежать демонтажу и замене на новые конструкции. В зонах сильной и средней степени воздействия пожара необходимо проведение визуального и инструментального обследования железобетонных конструкций.

В зоне слабого воздействия пожара проведение инструментального обследования железобетонных конструкций после пожара не требуется.

Все поврежденные пожаром железобетонные конструкции требуют проведения восстановительных мероприятий. Усиление и восстановление поврежденных пожаром железобетонных конструкций должно осуществляться по специально разработанному проекту.

Возможность, целесообразность и выбор способа восстановительного ремонта или усиления поврежденных пожаром конструкций зависит от: состояния железобетонных конструкций (характера и степени повреждения);

– изменения фактических прочностных характеристик бетона и арматуры поврежденных конструкций;

– от эксплуатационных и проектных требований к нагрузкам, жесткости, габаритным размерам и пр.

– от экономической эффективности восстановления поврежденных пожаром конструкций по сравнению с возведением новых.

При пожарах большой интенсивности в ж/б конструкциях снижается прочность, уменьшаются размеры рабочего сечения, у арматуры появляются пластические деформации.

При нагреве до 100 °С сцепление гладкой арматуры с бетоном уменьшается на 25 %, а при 450 °С – сцепление нарушается полностью. После нагрева до температуры 500 °С значения прочности бетона и арматуры принимаются равными нулю.

В ж/б элементах бетон является достаточно огнестойким материалом, но при воздействии высоких температур снижаются его прочность и защитные свойства по отношению к арматуре. В арматуре появляются значительные пластические деформации.

В результате изгибаемые элементы получают недопустимые прогибы и чрезмерно раскрытые трещины, а внецентренно сжатые элементы теряют устойчивость.

После пожара оценивают степень повреждения конструкций:

Слабая – повреждения не снижающие несущей способности конструкций (следы сажи, копоти, шелушение поверхности бетона). Конструкции со слабой степенью повреждения подвергают косметическому ремонту

Средняя – Повреждения, снижающие несущую способность конструкций: изменение цвета бетона до розового и темно-желтого, обнажение арматуры, трещины шириной до 0,5 мм. При средней степени повреждения конструкции ремонтируют путем инъецирования трещин и наращиванием сечения бетона,

Сильная – повреждения, значительно снижающие несущую способность. Цвет бетона – желтый, сколы бетона до 30 % сечения элемента, обнажение 50 % арматуры, трещины шириной до 1 мм. При сильной степени повреждения конструкции усиливают введением дополнительных опор, наращиванием сечения бетона и арматуры.

Полная – критическое состояние конструкции: цвет бетона – желтый, сколы 30–50 % площади сечения элемента, обнажено 90 % арматуры, нарушена анкеровка, отрыв закладных и опорных деталей, прогибы свыше 1/50 пролета, трещины шириной более 1 мм. При полной степени повреждения восстановление нецелесообразно, конструкция требует полной или частичной замены.

Для оценки прочности конструкций необходимо установить расчетные параметры пожара:

- $\max T$  среды во время пожара;
- длительность горения;
- $\max t$  нагрева бетона и арматуры.

Их оценивают двумя методами:

Оценка экспериментально-теоретическим методом:

Температурный режим пожара определяется по внешнему виду и состоянию различных материалов, расположенных в зоне пожара. Роль играет цвет бетона, покрытий стен (краска), стекла, фурнитура дверей, трубы, радиаторы, столовые приборы.

Теоретическим методом рассчитывают параметры в зависимости от типа помещения, размера оконных и дверных проемов, и условий вентиляции. Взаимосвязь между продолжительностью горения и температурой пожара устанавливается по графикам.

Стойкость бетона к воздействию высоких температур устанавливают испытаниями по выявлению остаточной прочности образцов на сжатие, огневой усадки и термической стойкости.

Усиление поврежденных пожаром конструкций достигается:

- при сохранении прежних габаритных размеров – увеличением количества арматуры. При этом процент содержания арматуры не должен превышать максимально допустимое значение согласно СП 63.13330;

- увеличением сечений элементов путем одностороннего или двухстороннего наращивания железобетоном;

- устройством железобетонных трех, четырехсторонних обойм, рубашек;

- устройством разгружающих конструкций, подведенных под усиливаемую конструкцию, и работающих совместно с ней: распределительных балок, плитили ферм, а также кронштейнов, выносных опор, предварительно напряженной арматуры, предварительно напряженных распорок, тяжей, накладных хомутов.

При выполнении ремонтно-восстановительных работ первоочередной задачей является расчистка бетонных поверхностей, которая должна осуществляться путем удаление слабого, поврежденного пожаром, бетона, а также сажи и копоти с поверхностей бетонных и железобетонных конструкций.

Удаление слабого бетона должно производиться вручную, с помощью простукивания. Бетонных поверхностей конструкций молотком по всей площади поверхности. При этом откалывается трещиноватый, отслоившийся или осыпающийся слой бетона прочностью на сжатие не более 3 МПа, как правило, нагретый до температуры порядка и более 500 °С. Удаление поврежденного бетона следует производить на глубину до более прочного бетона, который не повреждается при простукивании поверхности молотком. Полости для повторного бетонирования следует вырубать прямоугольной формы.

После удаления слабого бетона должно производиться удаление мелких фрагментов, частиц и пыли с расчищенных бетонных поверхностей с применением металлических щеток или пескоструйной обработкой поверхностей.

Удаление сажи и копоти с бетонных поверхностей конструкций следует производить пескоструйной обработкой.

После удаления слабого бетона, пыли, сажи и копоти бетонные поверхности конструкций следует промыть водой под давлением.

Оголенные арматурные стержни и закладные детали перед бетонированием или сваркой следует очистить до ровной металлической поверхности механическим или химическим способом. Последнее должно быть обосновано в проекте восстановления здания.

При устройстве обойм, рубашек и наращивания бетона необходимо обеспечить надежное сцепление старого и нового бетона путем подготовки бетонной поверхности конструкции: устройством насечек (при наличии ровной бетонной поверхности), промывкой водой под давлением за 2–3 часа перед нанесением ремонтного слоя, пропиткой зон контакта старого бетона специальными клеевыми составами (например, бетон-контакт).

Нанесение ремонтных составов на разрушенные части железобетонных конструкций может быть осуществлено механизированным способом или вручную. Перекрытия в бетонировании слоев бетона не должны превышать 1 ч.

Поврежденные пожаром железобетонные колонны могут быть усилены односторонним, двухсторонним или трехсторонним наращиванием слоя армированного бе-

тона, замкнутым и монолитным и железобетонными рубашками, охватывающими колонну, или металлическими обоймами разных конструктивных решений.

При одностороннем, двухстороннем или трехстороннем наращивании сечения колонн дополнительная продольная арматура связывается с существующей арматурой усиленной колонны при помощи отгибов, «уток», коротышей, прямых или косых хомутов.

Основным способом усиления железобетонных колонн является устройство железобетонных «рубашек», которые армируются продольными стержнями и хомутами или спиральной обмоткой.

При пожарах большой интенсивности в ж/б конструкциях снижается прочность, уменьшаются размеры рабочего сечения, у арматуры появляются пластические деформации.

Таким образом, при проектировании усиления требуется учитывать тип пожара и его последствия, а так же деформационные характеристики материалов усиления для оценки напряженно-деформированного состояния усиленных элементов. Данное требование обеспечивает функционирование многокомпонентной системы как единого целого на период дальнейшей эксплуатации.

### Литература

1. Гарбусенко В.В. Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций.
2. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
3. Assessment of the level of ultra-high temperature effects on structural elements / E.N.Karpanina [et al.] // Acta Technica CSAV (Ceskoslovenska Akademie Ved). – 2018. – Vol. 63. – № 6. – P. 915–920.
4. Бурдакова А.В., Пермьяков М.Б. Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2013. – Т. 2. – № 71. – С. 220–223.
5. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Значение теплопереноса как свойство строительных конструкций в зданиях и сооружениях // Перспективы науки. – 2016. – № 9 (84). – С. 39–43.
6. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.
7. Леонова А.Н., Ищук Ю.П., Погодина П.В. Способы усиления плит перекрытия в зоне продавливания // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 339–344.
8. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Мониторинг энергоэффективных зданий // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы IX международной научно-практической конференции; Сочинский государственный университет, 2016. – С. 145–148.

### References

1. Garbusenko V.V. Accidents, defects and reinforcement of reinforced concrete and stone structures.
2. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of reinforcement of building structures with composite polymer materials at high and low temperatures // Prospects for science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
3. Assessment of the level of ultra-high temperature effects on structural elements / E.N.Karpanina [et al.] // Acta Technica CSAV (Ceskoslovenska Akademie Ved). – 2018. – Vol. 63. – № 6. – P. 915–920.
4. Burdakova A.V., Permyakov M.B. Actual problems of modern science, technology and education. – 2013. – Vol. 2. – № 71. – P. 220–223.
5. Karpanina E.N., Leonova A.N. The value of heat transfer as a property of building structures in buildings and structures // Prospects for science. – 2016. – № 9 (84). – P. 39–43.
6. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of reinforcing reinforced concrete columns // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
7. Leonova A.N., Ischuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods for strengthening floor slabs in the punching shear zone // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 1. – P. 339–344.
8. Karpanina E.N., Leonova A.N. Monitoring of energy efficient buildings // In the collection: Construction in coastal resort regions. Materials of the IX International Scientific and Practical Conference; Sochi State University, 2016. – P. 145–148.