

*Григорян А.А., Будыльский И.С. Численное исследование прогрессирующего обрушения несущих металлических конструкций здания физкультурно-оздоровительного комплекса в условиях высоко температурного воздействия пожара // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №5 (май). – АРТ 266-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

**РУБРИКА: АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО**

УДК 69

**Григорян Ара Артурович**

Магистрант 2 курс,

Факультет «Безопасность Жизнедеятельности и Инженерная Экология»

**Будыльский Игорь Сергеевич,**

кандидат технических наук, доцент

*Научный руководитель:* Будыльский Игорь Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

Донской Государственный Технический Университет

Г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

[Ara\\_94@mail.ru](mailto:Ara_94@mail.ru)

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО  
ОБРУШЕНИЯ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ  
ЗДАНИЯ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА  
В УСЛОВИЯХ ВЫСОКО ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ПОЖАРА**

*Аннотация:* В статье рассмотрен расчет на действия внешней нагрузки без учета факторов пожара, для наиболее загруженных элементов определены приведенные толщины металлов и критическая температура, подобран огнезащитный состав обработка которой позволяет увеличить фактические пределы огнестойкости несущих металлических конструкций

здания ФОК не менее нормативных значений.

*Ключевые слова:* лавинно-образное разрушение, степень огнестойкости, численное исследование, нагрузки, постоянная нагрузка, снеговая нагрузка, ветровая нагрузка, комбинации загрузений, стержень пространственной фермы, пространственный стержень, загруженные элементы, релаксация напряжения.

**Grigoryan Ara Arturovich**

Magistrant 2 kurs,

Fakul'tet «Bezopasnost 'Zhiznedeyatel'nosti i Inzhenernaya Ekologiya»

**Budyl'skiy Igor 'Sergeyevich**

Dotsent

Nauchnyy rukovoditel 'Budyl'skiy Igor' Sergeyevich

Kandidat tekhnicheskikh nauk, dotsent

Donskoy Gosudarstvennyy Tekhnicheskiy Universitet

G. Rostov-na-Donu, Rossiyskaya Federatsiya

[Ara\\_94@mail.ru](mailto:Ara_94@mail.ru)

**NUMERICAL INVESTIGATION OF THE PROGRESSIVE  
COLLAPSE OF LOAD-BEARING METAL STRUCTURES OF THE  
BUILDING OF A SPORTS AND HEALTH COMPLEX IN CONDITIONS  
OF HIGH TEMPERATURE IMPACT OF A FIRE**

*Abstract:* The article considers the calculation of the external load without taking into account the factors of fire, for the most loaded elements, the reduced metal thicknesses and the critical temperature are determined, the fireproof composition is selected, processing of which allows increasing the actual fire

resistance limits of the metal bearing structures of the FOC building no less than the normative values.

*Keywords:* avalanche-like destruction, degree of fire resistance, numerical investigation, loads, constant load, snow load, wind load, load combinations, spatial truss rod, spatial rod, loaded elements, stress relaxation.

Причинами лавинно-образного разрушения строительных конструкций зданий являются аварийные ситуации. В частном случае аварии является пожар. В случае возникновения пожара в строительных конструкциях к напряжением от внешних нагрузок добавляются значительные температурные напряжения. При этом при нагреве до температур пожара снижаются прочностные свойства материалов конструкций. Для исследования поведения стальных конструкций зданий при пожаре было выполнено численное исследование на примере здания физкультурно-оздоровительного комплекса (ФОК) запроектированного и построенного в городе Новочеркасске. Здание многофункционального спортивного зала, строительным объемом 8600 м<sup>3</sup>, имеет категорию Д – IV, относится к зданиям общественного назначения. Здание ФОК имеет следующие параметры:

Габариты — 42x18,5 м

Высота — 11 м

Все фундаменты и фундаментные балки запроектированы из монолитного железобетона класса В15 на сульфато-стойком цементе по ГОСТ 22266-94. Здание запроектировано из металлических арок. Стены трехслойные. Наружный слой - окрашенный профилированный лист. Между слоями утеплитель из эковаты  $\rho = 55$  кг/м<sup>3</sup>; толщиной 100 мм.

Внутренняя обшивка - ДСП фанированной шпоном, на высоту 3,6 м.

Пожарные характеристики:

Класс функциональной пожарной опасности – Ф4.1.

Степень огнестойкости – II

Класс конструктивной пожарной опасности – С0.

Уровень ответственности – II.

Требуемый предел огнестойкости для несущих строительных конструкций согласно Федеральному закону "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ определен в таблице 1.

Таблица 1

Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков.	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы.	Наружные ненесущие стены.	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами).	Настилы (в том числе с утеплителем).	Фермы, балки, прогоны .	Внутренние стены лестничных клеток.	Марши и площадки лестниц.
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60

Численное исследование названного выше ФОК выполнялось при помощи программного вычислительного комплекса SCAD office, в основе которого лежит метод конечных элементов. Расчетная схема несущих конструкций здания задавалась в объемной постановке задачи и показана на рисунках 1 и 2.

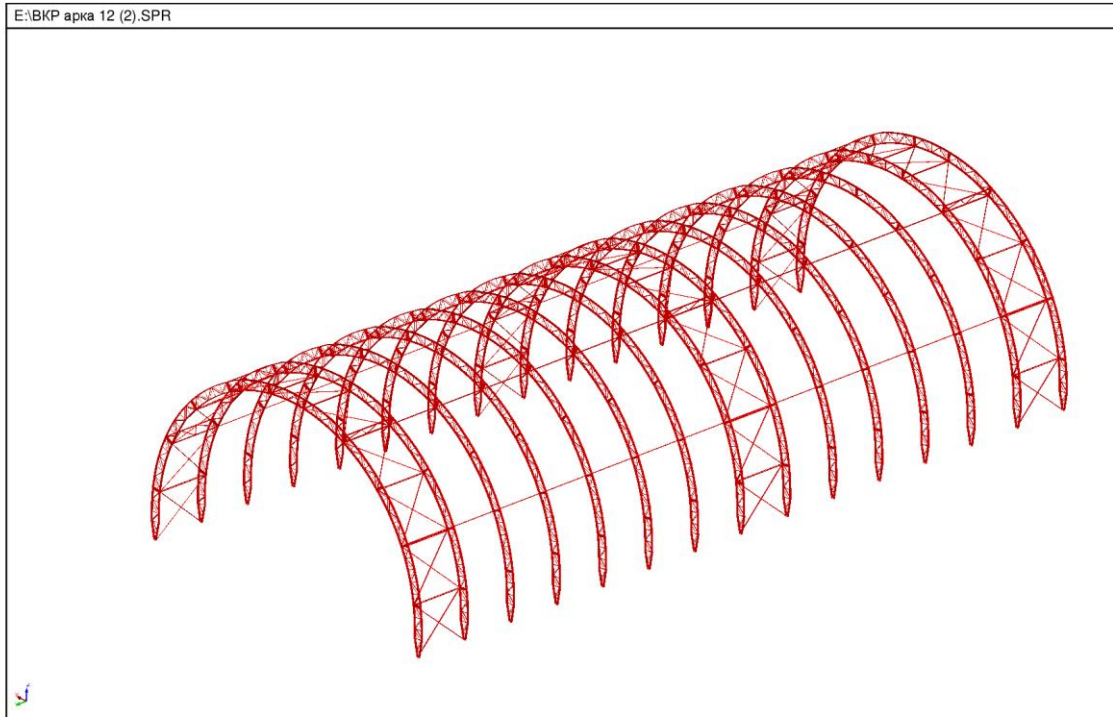


Рисунок 1

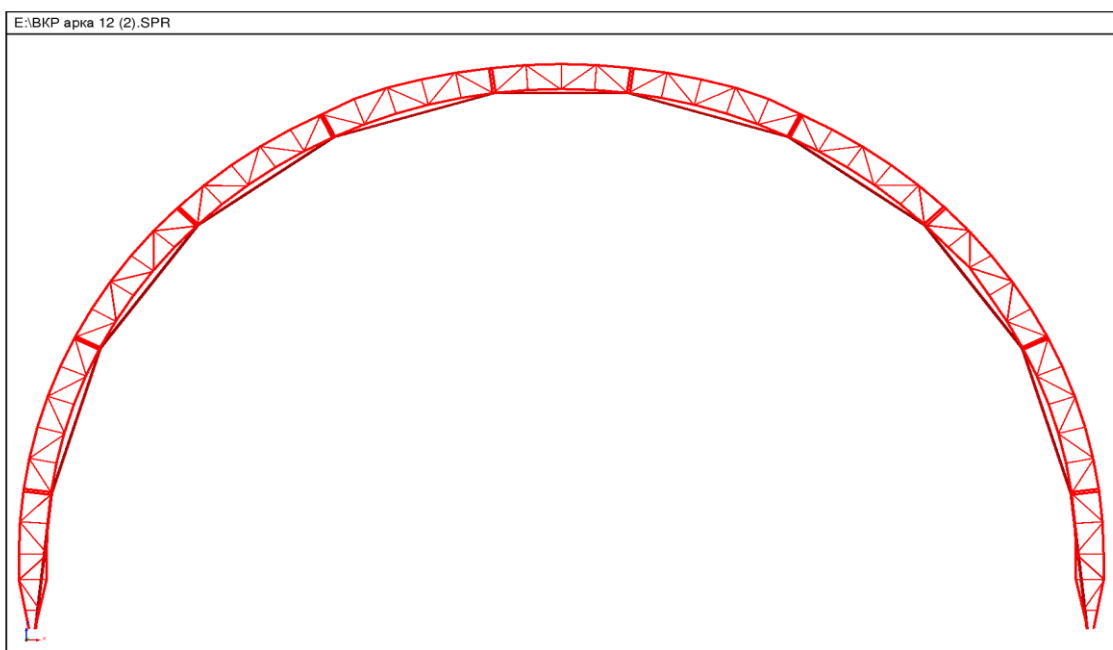


Рисунок 2.

На здании действуют следующие нагрузки:

- Постоянная нагрузка, включающая в себя нагрузки от собственного веса и нагрузки несущих и ограждающих конструкций, а также подвесного оборудования.

- Временные нагрузки, включающие в себя снеговую и ветровую нагрузки, при этом согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85» снеговая нагрузка задавалась в двух вариациях – симметричном и асимметричном.

Расчет выполнялся на 2 комбинации загружений следующего состава:

1. Постоянная нагрузка, снеговая нагрузка (симметричная), ветровая нагрузка;
2. Постоянная нагрузка, снеговая нагрузка (асимметричная), ветровая нагрузка.

Расчет нагрузки в узлах сложного по очертанию арочного покрытия выполнялся при помощи электронных таблиц excel. Жесткости элементов задавались с учетом фактических параметров сечений элементов несущих конструкций, их материалов и пространственного положения.

В расчетной модели было задействовано два типа конечных элементов, согласно классификации SCAD это элементы типов 4 и 5:

4 - стержень пространственной фермы, узлы которого имеют три степени свободы;

5- пространственный стержень, узлы которого имеют шесть степеней свободы.

Расчет выполнялся в 3 стадии.

Первая стадия – расчет выполнен на действия внешней нагрузки без

учета факторов пожара.

Вторая стадия – для наиболее загруженных элементов определённых первой стадии определены приведенные толщины металл и критическая температура. По величинам критической температуры и приведенной толщине металла определены фактические пределы огнестойкости данных элементов и выполненное сопоставление полученных фактических пределов огнестойкости с требуемыми пределами огнестойкости, определенными требованиями федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ.

Третья стадия – подобран огнезащитный состав обработка которой позволяет увеличить фактические пределы огнестойкости несущих металлических конструкций здания ФОК не менее требуемых значений.

Для второй и третьей стадии расчета учитывалось наличие огнезащитных покрытий металлоконструкций.

По результатам первой стадии расчета (рисунок 3) наиболее напряженными элементами схемы являются элементы с номерами 700 (элемент нижнего пояса решетчатой арки) и 1533 (элемент верхнего пояса решетчатой арки). В качестве критерия оценки напряженного состояния элементов выбраны главные напряжения и напряжения по Губера-Генки-Мизеса. Максимальные коэффициенты использования сечений по прочности данных элементов составляют:

- для элемента 1533 – 0,58, сечение 10У;
- для элемента 700 - 0,73, сечение 10У.

Для расчета на прогрессирующее обрушение из расчетной схемы исключались наиболее загруженные элементы 1533 и 700. В результате расчета на прогрессирующее обрушение было выявлено, что при исключении из статической работы одного из указанных элементов

происходит перераспределение усилий между оставшимися элементами схемы и не происходит лавинообразного обрушения. При выключении из работы сразу 2 загруженных элементов одновременно происходит лавинообразное обрушение.

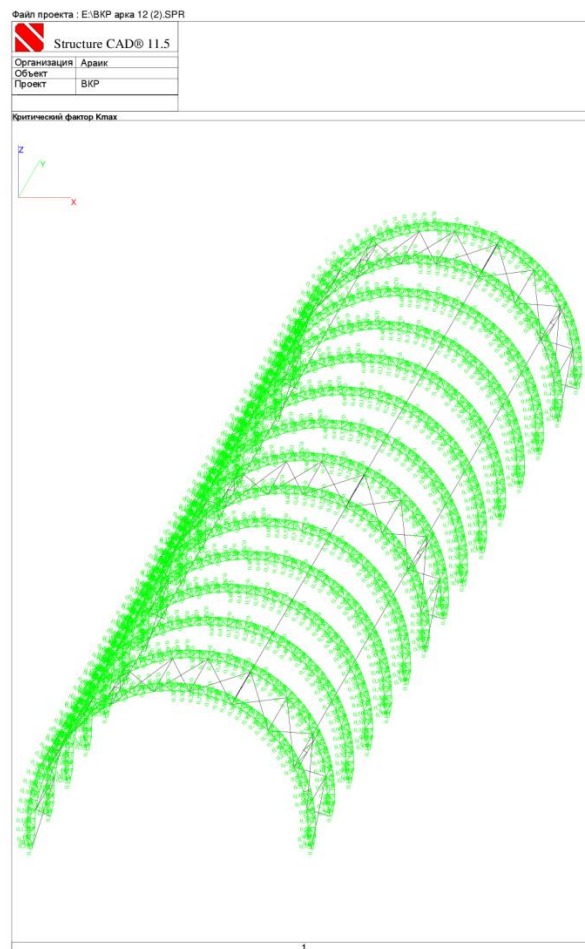


Рисунок 3.

На второй стадии расчета для наиболее загруженных элементов, выявленных на первой стадии, определены приведенные толщины металла и критические температуры. По значениям приведенных толщин металла и критических температур рассчитаны значения фактических пределов огнестойкости элементов.

В таблице 2 приведены фактические сечения наиболее загруженных элементов определенных на стадии один, соответствующие им приведенные



толщины металла и критические температуры.

Элемент	Сечение	Приведенная толщина металла (мм)	Критическая температура (градусы цельсия)	Фактический предел огнестойкости элемента (минуты)
1533		3	572	24
699		3	458	28

Таблица 2

На рисунке 4 показан график зависимости температуры незащищенных элементов стальных конструкций от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара. В соответствии с приведенным на рисунке графиком, фактические пределы огнестойкости составляют:

- для элемента 1533 - 24 минуты
- для элемента 699 – 28 минут

Определенные для наиболее нагруженных элементов фактические пределы огнестойкости меньше требуемых для здания II степени

огнестойкости равных 90 минут.

На третьей стадии расчета был выполнен анализ характеристик существующих средств огнезащиты металлических конструкций. Согласно выполненному анализу технических характеристик средств огнезащиты металлических конструкций наиболее эффективным средством, обеспечивающим требуемый предел огнестойкости, является огнезащита Протект Юниверс-К обмазка огнезащитная по ТУ 5772-002-66926006-14. Данная огнезащита имеет следующие характеристики:

- огнезащитная эффективность 90 минут
- приведенная толщина металла мм – 2-12,3
- расход на 1 кв.м, кг- 5,7.

Её применение позволит увеличить пределы огнестойкости стальных конструкций не менее требуемых значений.

Дополнительно для повышения устойчивости стальных конструкций здания ФОК к прогрессирующему обрушению в условиях пожара рекомендуется увеличить толщину сечений элементов, применять марки стали с малым содержанием углерода имеющий площадку текучести, чтоб предотвратить мгновенное хрупкое разрушение в случаи наступления предельных состояний.

#### **Список использованной литературы:**

1. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*
3. Демехин В.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре.

*Дата поступления в редакцию: 25.05.2018 г.*

*Опубликовано: 25.05.2018 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018*

*© Григорян А.А., Будыльский И.С., 2018*