

УДК 624.012.45.042.5

**АНАЛИЗ КАРКАСНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЗДАНИЯ,  
ПОДВЕРЖЕННОГО ОГНЕВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ**

**ANALYSIS OF THE FRAME REINFORCED CONCRETE BUILDING  
EXPOSED BY FIRE IMPACT**

*Л.А. АВETИСЯН*

*L.A. AVETISYAN*

**(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(National Research Moscow State University of Civil Engineering)**

E-mail: avetisyanlevon@inbox.ru

*В статье оценивается изменение прочностных и деформативных свойств несущих элементов многоэтажного железобетонного здания, подверженного огневому воздействию.*

*Для исследования прочности и деформативности несущих элементов каркаса в ПК Ansys моделируется сценарий огневого воздействия на 2-м этаже здания во временном промежутке от 0 до 240 мин.*

*Нелинейно-статический расчет каркаса железобетонного здания показывает, что при огневом воздействии фиксируется потеря несущей способности балки, она наступает на 225-й минуте огневого воздействия при температуре 1157°C.*

*Выявлено, что нелинейно-динамическая постановка данной задачи приведет к прогрессирующему обрушению каркаса здания, учитывая изменения динамических характеристик железобетонных элементов в условиях огневых воздействий.*

*The article assesses the change of the strength and deformation properties of load-bearing elements of a multi-storey reinforced concrete building exposed to fire.*

*It is simulated a fire impact scenario on the 2-nd floor of the building in the time interval from 0 to 240 min in PC Ansys.*

*Non-linear static calculation of the frame of a reinforced concrete building under fire conditions shows the loss of the load-carrying capacity of the beam, it comes in the 225-th min of the fire action at the temperature 1157°C.*

*It was revealed that the non-linear dynamic formulation of this problem would lead to a progressive collapse of the building's frame, taking into account the changes in the dynamic characteristics of reinforced concrete elements in the conditions of fire impacts.*

**Ключевые слова:** железобетон, прогиб, огневое воздействие, температура, численное моделирование.

**Keywords:** reinforced concrete, deflection, fire impact, temperature, numerical simulation.

Изучение работы конструкций здания при огневом воздействии является одним из приоритетных направлений в области строительства, так как непрерывно возрастают этажность зданий, их ответственность, технологичность оборудования и массовое скопление людей [1], [2]. Проблема заключается в трудоемкости проведения экспериментального анализа [6...8], который бы отразил полный спектр информации о деформации всего здания, поведения тех или иных элементов несущей конструкции под воздействием огневых и особых сочетаний нагрузок.

Данные температуры пожара и его продолжительность сформировали основу температурных режимов [3...5], благодаря которым производятся испытания конструкций на огнестойкость.

Целью исследования является анализ работы элементов многоэтажного железобетонного каркасного здания в условиях огневого воздействия.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи.

1. Численное моделирование огневого воздействия с последующим анализом изменения прочностных и деформативных свойств несущих элементов конструкции здания.

2. Сравнение полученных величин изменения прочностных и деформативных характеристик несущих элементов каркаса с последующей оценкой огнестойкости REI.

3. Выявление критической деформации при 240 мин.

Для численного моделирования огнестойкости несущих конструкций сделан расчет 12-этажного железобетонного каркасного здания.

Результаты деформаций после нелинейно-статического анализа каркаса здания в нормальных условиях в ПК Ansys приведены на рис. 1 (вертикальные перемещения здания после нелинейно-статического анализа здания в нормальных условиях).

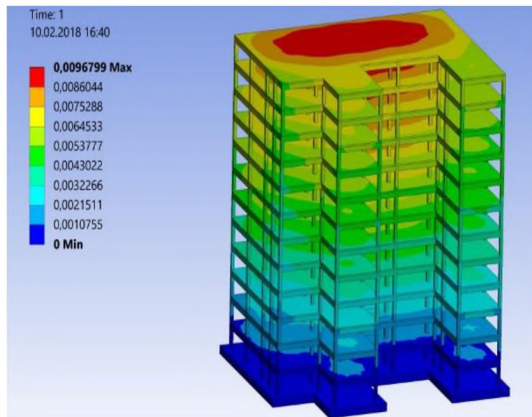


Рис. 1

Максимальные деформации по плите перекрытия составляют 9 мм, они находятся в допустимых пределах согласно [7].

Чтобы определить огнестойкость несущих элементов, следует задать стандартную температуру пожара по ISO 834-11:2014. Стандартную кривую температуры пожара прописываем в ПК Ansys. Огневое воздействие на несущие элементы каркаса задается до 240 мин.

По ISO 834-11 температура стандартного температурного режима определяется по следующей логарифмической зависимости:

$$T=345\lg(8 \tau +1)+t_e, \quad (1)$$

где  $T$  – температура среды;  $\tau$  – время нагрева, мин;  $t_e$  – начальная температура.

Кривая, показывающая изменение температуры при стандартном температурном режиме, прописывается в программном комплексе Ansys, задавая время и температуру.

Задаем огневое воздействие на поверхности конструкций, привязывая воздействие к графику программы Ansys.

В результате решения ЭВМ были получены значения температур в характерных точках конструкции. Деформации в несущих элементах каркаса здания при 240 мин стандартного пожара по ISO 834 приведены на рис. 2.

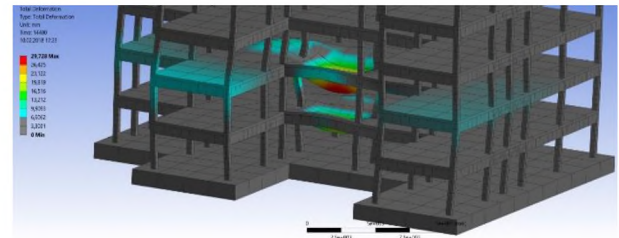


Рис. 2

По расчету в ПК Ansys имеем следующие результаты деформаций, а именно вертикальные и горизонтальные прогибы несущих конструкций:

- плита 2 и 3-го этажа 22,2 и 29,5 мм;
- колонна 2-го этажа 11,1 мм;
- балка 2-го этажа 29,728 мм.

Нелинейно-статический анализ каркаса здания показывает, что при огневом воздействии разрушение каркаса начинается с развитием недопустимых деформаций в балке. После 240 мин стандартного пожара прогиб железобетонной балки составляет 29,728 мм. Потеря прочности балки фиксируется при 225 мин, когда прогиб железобетонной балки составляет 28 мм. Изополя деформаций приведены на рис. 3 (деформации несущих конструкций здания при огневом воздействии 240 мин).

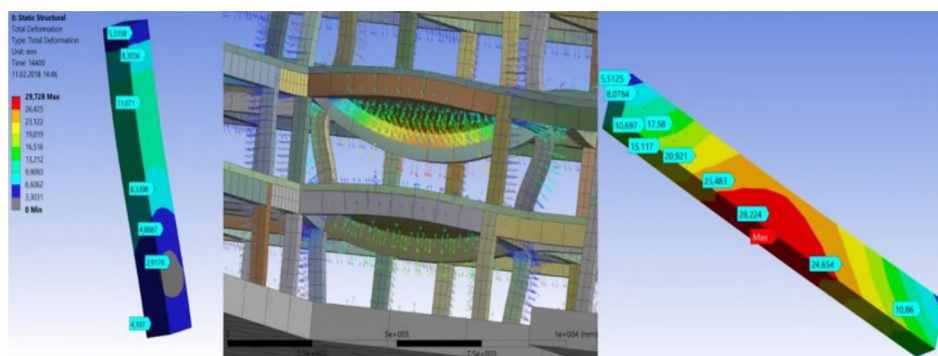


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

1. Максимальные перемещения колонны и плиты перекрытия наступят через 240 мин, запас прочности этих конструкций составил от 0,2 до 7,8%.

2. Потеря несущей способности балки наступает при 225 мин стандартного пожара при температуре 1157°C.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Tamrazyan A.* Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns // *Applied Mechanics and Materials.* – 475-476, 2014. P. 1563...1566.

2. *Capua D.D., Mari A.R.* Nonlinear analysis of reinforced concrete cross-sections exposed to fire // *Fire Saf J.* – 42(2), 2007. P.139...149.

3. *Tamrazyan A., Avetisyan L.* Comparative analysis of analytical and experimental results of the strength of compressed reinforced concrete columns under special combinations of loads // *MATEC Web of Conferences.* – 86,0, 1029, 2016.

4. *Lie T.T., Lin T.D., Allen D.E., Abrams M.S.* Fire resistance of Reinforced Concrete Columns // *National research Council Canada Division of Building research.* – Ottawa, 1984.

5. *Mohamed Bikhiet M., Nasser F. El-Shafey \*, Hany M. El-Hashimy/* Behavior of reinforced concrete short columns exposed to fire // *Alexandria Engineering Journal.* – 53, 2014. P. 643.

6. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures // *Procedia Engineering.* – V.721...725, № 153, 2016.

7. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions // *Applied Mechanics and Materials.* – V.638-640, 2014. Trans Tech Publications, Switzerland.

8. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental researches of reinforced eccentrically compressed concrete elements for short-term dynamic loadings under

fire exposure // *Industrial and civil engineering.* – № 4, 2014. P. 24...28.

## REFERENCES

1. *Tamrazyan A.* Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns // *Applied Mechanics and Materials.* – 475-476, 2014. P. 1563...1566.

2. *Capua D.D., Mari A.R.* Nonlinear analysis of reinforced concrete cross-sections exposed to fire // *Fire Saf J.* – 42(2), 2007. P.139...149.

3. *Tamrazyan A., Avetisyan L.* Comparative analysis of analytical and experimental results of the strength of compressed reinforced concrete columns under special combinations of loads // *MATEC Web of Conferences.* – 86,0, 1029, 2016.

4. *Lie T.T., Lin T.D., Allen D.E., Abrams M.S.* Fire resistance of Reinforced Concrete Columns // *National research Council Canada Division of Building research.* – Ottawa, 1984.

5. *Mohamed Bikhiet M., Nasser F. El-Shafey \*, Hany M. El-Hashimy/* Behavior of reinforced concrete short columns exposed to fire // *Alexandria Engineering Journal.* – 53, 2014. P. 643.

6. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures // *Procedia Engineering.* – V.721...725, № 153, 2016.

7. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions // *Applied Mechanics and Materials.* – V.638-640, 2014. Trans Tech Publications, Switzerland.

8. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental researches of reinforced eccentrically compressed concrete elements for short-term dynamic loadings under fire exposure // *Industrial and civil engineering.* – № 4, 2014. P. 24...28.

Рекомендована кафедрой металлических и деревянных конструкций. Поступила 16.04.18.