

дови як друкованих, так і електронних енциклопедій, розроблення критеріїв оцінювання енциклопедичних видань.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Карпіловська Є. Енциклопедія «Українська мова»: структура та принципи укладання / Карпіловська Є., Зяблюк М. // енциклопедичний вісник України. – К., 2009. – С. 47-53.
2. Рубрикон [Електронний ресурс]., – Режим доступу: [http://www.rubricon.com/about\\_rubricon/asp?pid=2](http://www.rubricon.com/about_rubricon/asp?pid=2).
3. Енциклопедичний словник з державного управління / уклад: Ю.П. Сурмін, В. Д. Бакуменко, А. М. Михненко та ін.; за ред. Ю. В. Ковбасюка, В. П. Трощинського, Ю. П. Сурміна. – К.: НАДУ, 2010. – 820 с.
4. Жежнич П., Гірняк М. Особливості формування енциклопедії в сучасних умовах інформаційних технологій. – Національний університет “Львівська політехніка”, № 732 (2012).
5. Основи термінознавства. Навчальний посібник / С. З. Булик-Верхола, Г. В. Наконечна, Ю. В. Теглівець. Друге видання, зі змінами та доповненнями. Львів: В-во Львівської політехніки, 2014. – 168 с.
6. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, затверджений наказом МНС України від 13.03.2012 № 575 та зареєстрований в Міністерстві України 25 травня 2012 р. за № 835/21147. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/я0835-12>.

УДК 614.841

**Цвиркун С.В., Березовский А.И., Мельник В.П.**

*Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля  
 Национального университета гражданской защиты Украины*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЗАДЫМЛЯЕМЫХ ЛЕСТНИЧНЫХ КЛЕТОК  
 ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ FIRE DYNAMICS  
 SIMULATOR (FDS)**

**Вступление.** В нашей стране резко растет число высотных зданий и зданий повышенной этажности. Их массовое строительство выдвинуло ряд проблем, одной из которых является обеспечение безопасности людей при пожарах.

Анализ проблемы показывает, что основную опасность для жизни людей в условиях пожара представляют продукты горения, распространяющиеся по зданию за время, недостаточное для эвакуации людей. Ухудшение видимости и возникающая в связи с этим паника, раздражающее и токсическое воздействие на человека продуктов горения, являются главными причинами гибели людей, а также основным препятствием для успешной работы пожарных. Для предотвращения распространения продуктов горения из помещений очага пожара в защищаемые объемы здания (лестничные клетки,

шахты лифтов, лифтовые холлы, тамбур-шлюзы и т.д.) применяют специальные конструктивно-планировочные и технические решения.

К конструктивно-планировочным решениям, направленным на обеспечение необходимых условий эвакуации, в первую очередь относится устройство незадымляемых лестничных клеток. Действующими нормативными документами предпочтение отдается клеткам типа Н1 [4, 5]. Конструктивно-планировочная особенность данного исполнения лестничной клетки заключается в отсутствии прямой связи её объема с этажами здания, а также в устройстве наружных переходов (по балконам или лоджиям через открытую воздушную зону) на каждом этаже, что позволяет обеспечить необходимые условия её незадымляемости [4].

Здесь необходимо отметить, что недостаточно просто предусмотреть поэтажные переходы через наружную воздушную зону, важно не нарушить установленные нормативными документами геометрические размеры, регламентирующие расстояние от оконного проема помещения с возможным очагом пожара до дверного проема входа в объем лестничной клетки. В противном случае высока вероятность задымления указанных переходов, что подтверждается реальными пожарами.

Размещение наружных переходов через открытую воздушную зону на фасадах зданий, в отделке которых применяются (используются) горючие вещества и материалы (включая вентилируемые фасады), может привести к блокированию продуктами горения указанных переходов в случае их возгорания. При применении таких материалов в отделке фасадов, целесообразно предусматривать незадымляемые лестничные клетки типа Н2, в частности со входами через тамбур-шлюзы с подпором воздуха при пожаре в высотных зданиях.

К техническим решениям в первую очередь относятся системы противодымной защиты зданий [5-7]. Использование указанных систем для обеспечения незадымляемости эвакуационных путей высотных зданий и зданий повышенной этажности считается перспективным, т.к. это позволяет наиболее полно реализовать замыслы архитекторов и проектировщиков. Наиболее рациональным считается прием, при котором системы приточной противодымной вентиляции создают избыточное давление в защищаемых объемах здания, а вытяжные обеспечивают принудительное удаление продуктов горения.

Основные проблемы при построении систем приточной противодымной вентиляции связаны с защитой незадымляемых лестничных клеток типа Н2. Защита системой приточной противодымной вентиляции в соответствии со схемой, представленной на рис. 2 в зданиях с числом этажей 12 и более с одной точкой подачи наружного воздуха, в большинстве случаев приводит к невозможности соблюдения

регламентированного нормативными документами диапазона перепада давления – от 20 Па до 150 Па.

В качестве альтернативного варианта допускается устройство сплошных рассечек, представленных на рис. 2. При этом рассечка должна быть предусмотрена таким образом, чтобы вход и выход в различные части лестничной клетки были предусмотрены вне ее объема.

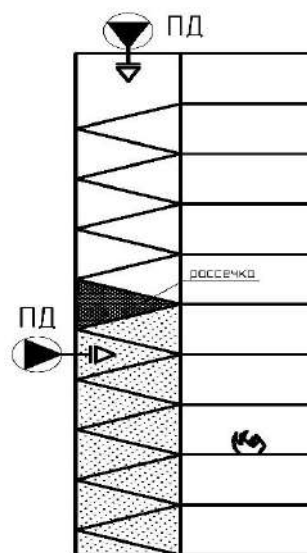


Рис. 2. Устройство незадымляемой лестничной клетки типа Н2 с устройством рассечки.

Однако эти технические решения справедливы при соблюдении всех нормативных требований и технически исправных системах обеспечения незадымляемости.

**Цель работы.** Выполнить численное моделирование противодымной защиты 16-ти этажного здания с лестничной клеткой Н2. Расчеты проведены с использованием программно-вычислительного комплекса Fire Dynamics Simulator (FDS) [9]. Математическая модель FDS базируется на использовании дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих пространственно-временное распределение температуры и скоростей газовой среды в помещении, концентраций компонентов газовой среды (кислорода, продуктов горения и т.д.), давлений и плотностей. Наглядно значения опасных факторов пожара отображаются с помощью программы для постобработки результатов FDS Smokeview. Она позволяет

просматривать результаты расчетов FDS в 3D, увидеть распространение дыма, изменение величин в измерительных плоскостях и другие величины. Одним из важнейших новшеств в FDS является поддержка системы HVAC (отопление, вентиляция и кондиционирование) в полевом моделировании. Система HVAC позволяет передавать газы и тепло по зданию. Сис-

тема HVAC позволяет моделировать воздушные потоки без учета пожара, а также может служить частью противопожарной системы здания (противодымная вентиляция, подпор воздуха в лестницы).

Была построена модель фрагмента 16-ти этажного жилого здания с лестничной клеткой типа Н2 (рис. 3) [8, 9].

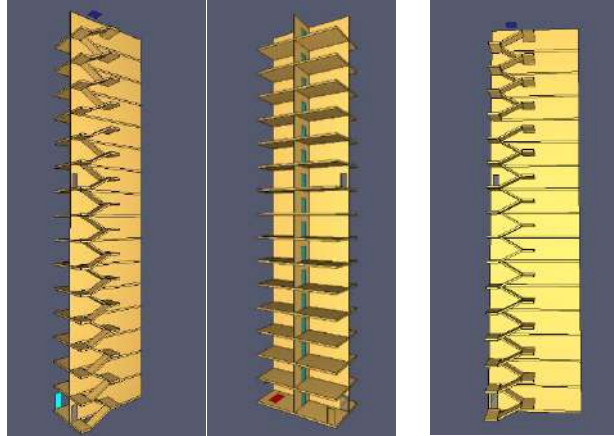


Рис. 3. Модель лестничной клетки Н2.

Расчеты параметров системы производятся при следующих исходных данных:

- пожар происходит на нижнем типовом этаже здания, температура наружного воздуха и скорость ветра принимаются для холодного периода года;

- окна помещения, где возник пожар, выходят на наветренный фасад здания, входная дверь здания и воздухозаборные отверстия систем подпора воздуха выходят на заветренный (подветренный) фасад здания;

- двери на пути эвакуации от горящего помещения до улицы открыты, остальные окна и двери в здании закрыты.

В качестве исходных данных для пожарной нагрузки принимаются следующие данные [1-3]:

- низшая теплота сгорания, 13,8 МДж/кг;
- линейная скорость пламени, 0,0108 м/с;
- удельная скорость выгорания, 0,0145 кг/м<sup>2</sup>×с;

- дымообразующая способность, 270 Нп×м<sup>2</sup>/кг;

- потребление кислорода (O<sub>2</sub>), 1,03 кг/кг;

Выделение газа:

- углекислого (CO<sub>2</sub>), 0,203 кг/кг;

- угарного (CO), 0,0022 кг/кг;

- хлористого водорода (HCl), 0,014 кг/кг.

Необходимо рассчитать параметры вентилятора для обеспечения давления на уровне 1-го этажа в 20 Па. Для этого в модели были установлены датчики давления на уровне 1 и 16 этажей, а также плоскости измерения давления, температуры и видимости.

**Результаты расчетов.**

На рис. 4 показаны поля давлений в лестничной клетке Н2.

Как видно на рис. 5 рассчитанные параметры насоса обеспечивают давление на уровне 1 этажа в 20 Па. При этом давление на последнем этаже не превышает 150 Па, что дает возможность обойтись без расчески.

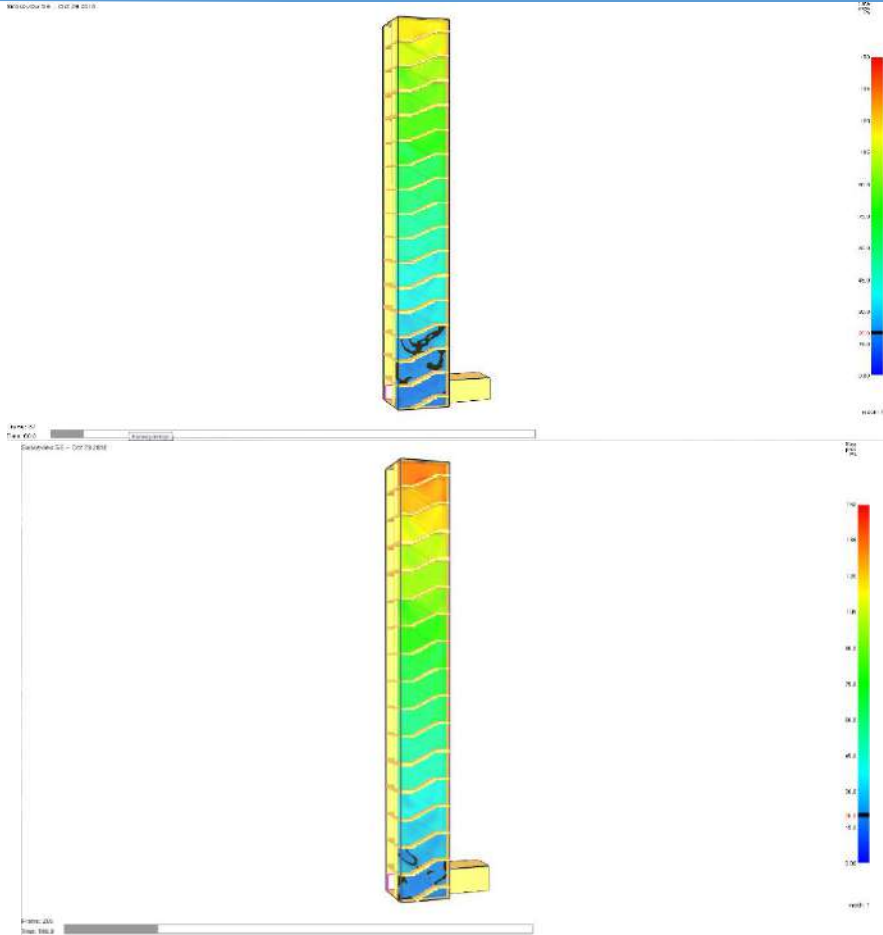


Рис. 4. Поля давлень в лестничной клетке на 60 и 180 секундах (черная зона – зона давления 20 Па).

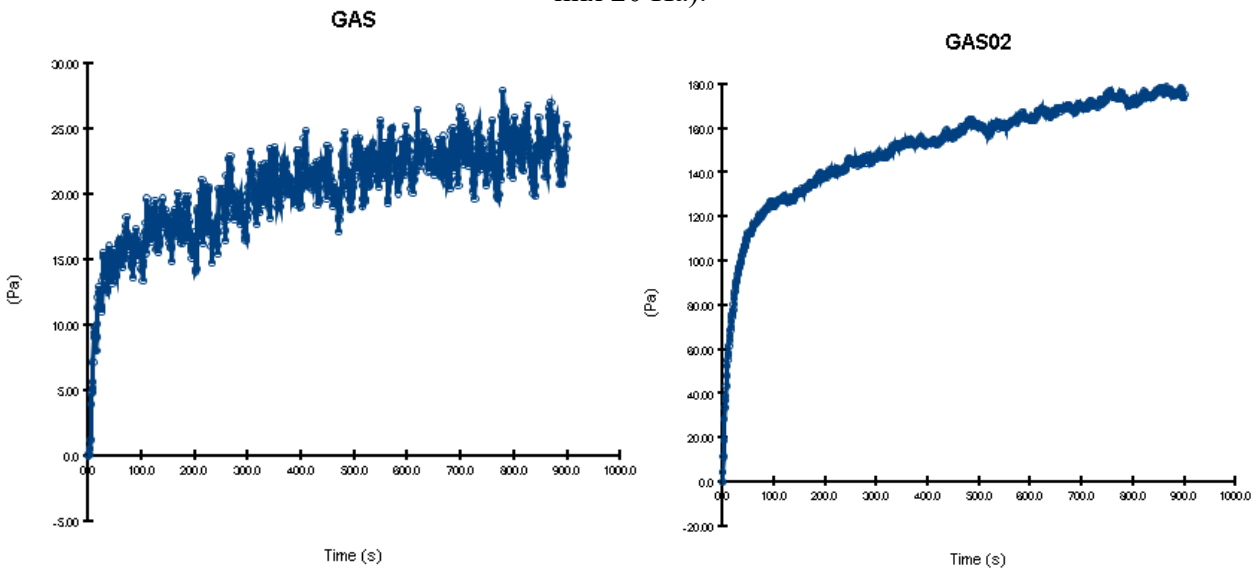


Рис. 5. Давление воздуха в местах установки датчиков (на уровне 1-го и 16-го этажей)

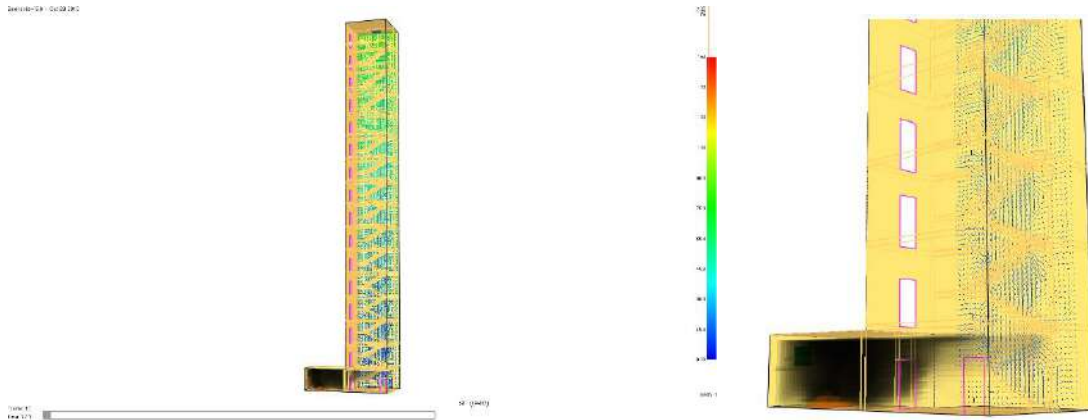


Рис. 6. Визуализация векторов давления воздуха в лестничной клетке и дыма в месте пожара.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Выполненное численное моделирование системы противодымной защиты типовой лестничной клетки типа Н2 16-ти этажного здания CFD-моделью подтвердило эффективность рассчитанной по нормативным документам системы подпора воздуха при предполагаемом сценарии пожара и принятых значениях режимных параметров.

Высокая информативность использованного метода расчёта позволила получить подробное и наглядное представление о направлениях, давлении воздушных масс, распространения дыма.

Согласно проведенных расчетов давления и продуктивности насоса подачи воздуха в лестничную клетку Н2, люди имеют возможность безопасно эвакуироваться из здания.

Использование CFD-моделей для численного моделирования позволяет не только прогнозировать развитие пожара, но и проводить анализ на предмет выявления слабых мест зданий с точки зрения пожарной безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
2. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях: Методические рекомендации. – М.: ВНИИПО, 2003. – 35с.
3. ГОСТ 12.1.004-91\* «Пожарная безопасность. Общие требования».
4. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
5. ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення.
6. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
7. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
8. Рекомендации по использованию программы FDS с применением программ PyroSim 2012, SmokeView и «СИТИС: Фламмер 3.00» [Электронный ресурс] <http://sitis.ru/media/documentation/PRS-sitis-4-12.pdf>.