

УДК 697:728

СИНЕРГЕТИКА БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

¹Белозеров В.В., ²Долаков Т.Б., ²Олейников С.Н., ²Периков А.В.

¹Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: safeting@yandex.ru;

²Академия государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, e-mail: osn-fire@rambler.ru

В работе поставлена и решается задача разработки модели локальной автоматизированной микросистемы диагностики и защиты жилого сектора (квартир в многоэтажных и высотных зданиях, индивидуальных домов) от аварий инженерных систем, взрывов от утечек газа и пожаров, причинами которых становятся отказы и недостатки существующих инженерных систем зданий. Предложен принципиально новый способ «интеллектуализации» инженерных систем, в частности приборов учета качества и количества потребляемой электроэнергии, холодной и горячей воды, газа и отопления, а также интеграции указанных приборов со средствами управления жизнеобеспечением. Результаты исследования позволяют сделать вывод о возможности самоорганизации процессов обеспечения безопасности жилья, в том числе путем объединения приборов учета энергоресурсов, потребляемых каждой квартирой, в локальную автоматизированную микросистему диагностики и защиты на основе электросчетчика-извещателя, основными функциями которой являются: учет количества и качества потребляемых энергоресурсов, раннее обнаружение и подавление пожаро-энергетического вреда (пожароопасных отказов электроприборов, утечки бытового газа и других дефектов в инженерных системах) и опасных факторов пожара и взрыва от утечки бытового газа в жилом секторе.

Ключевые слова: аспирация, сепарация воздуха, самоорганизация жизнеобеспечения, подавление опасных факторов пожара и взрыва, инженерная система, локальная автоматизированная микросистема

SYNERGETICS OF SAFETY OF ENGINEERING SYSTEMS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

¹Belozerov V.V., ²Dolakov T.B., ²Oleynikov S.N., ²Perikov A.V.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: safeting@yandex.ru;

²Academy of the State Fire Service EMERCOM of Russia, Moscow, e-mail: osn-fire@rambler.ru

In work it is set and the task of development of model of the local automated microsystem of diagnostics and protection of the inhabited sector (apartments in multistoried and high-rise buildings, individual houses) from accidents, explosions and the fires which reasons are refusals and shortcomings of the existing engineering systems is solved. Essentially new way «intellectualizations» of engineering systems, in particular metering devices of quality and electricity consumption, cold and hot water, gas and heat supply and also their integration with control facilities life support is offered. Results of a research allow to draw a conclusion on a possibility of combination of metering devices of the energy resources consumed by each apartment in the local automated microsystem of diagnostics and protection which main function is detection and suppression of fire-dangerous failures of electric devices, leak of household gas and other defects in the engineering systems of the inhabited sector earlier.

Keywords: aspiration, air separation, life support, suppression of dangerous factors of fire and explosion, engineering system, local automated microsystem

Принятие в 2002 г. ФЗ № 184 «О техническом регулировании», а затем и соответствующих технических регламентов во исполнение указанного закона, кардинально изменило подход к применению государственных стандартов, строительных норм и правил при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Однако увеличение степеней свободы в выборе проектировщиков, подрядчиков, и компаний, управляющих эксплуатацией зданий и инженерными системами в них (водоснабжения и канализации, электрических и газовых сетей, теплоснабжения и др.), а также быстрый рост малых и средних предприятий в этой области породили ряд научных, технических, экономических и организационно-правовых проблем, которые требуют своего разрешения, и в первую

очередь в высотных зданиях, строительство которых особенно интенсивно осуществляется в XXI веке, в том числе в городах-миллионниках России [1].

Особенности инженерных систем высотных зданий

В 2016 г. Минстрой РФ утвердил СП 253.1325800.2016 «Инженерные системы высотных зданий», которые включают в себя следующие системы – вентиляции, отопления, горячего и холодного водоснабжения, канализации и дренажа, воздухоподготовки, очистки и увлажнения, холодоснабжения, кондиционирования и климат-контроля, контроля загазованности, гарантированного и бесперебойного электроснабжения, электrorаспределения, освещения (комнатные, коридорные, фа-

садные и аварийные), охранно-пожарной сигнализации, противопожарной защиты и пожаротушения, учета и контроля расходования ресурсов, управления паркингом, транспортирования, часофикации, охранного видеонаблюдения, контроля и управления доступом, телекоммуникаций.

Очевидно потому, что высотные здания, в соответствии с п. 7 ч. 1 и п. 1–3, ч. 7 ст. 4 Федерального закона № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в результате идентификации относятся к повышенному уровню ответственности, многие компании начали заниматься автоматизацией инженерных систем именно таких зданий. Так, например, в Екатеринбурге для многофункционального комплекса МФК «Высоцкий» (рис. 1) в 2011 г. компанией ООО «АВАТРИ» была разработана «Интегрированная система управления зданием» (АСУД ИО) на базе Siemens Cerberus Pro и Siemens MM8000, которые реализуют алгоритмы взаимодействия между системами инженерного обеспечения здания (управление отоплением, вентиляцией, кондиционированием воздуха, водоснабжением, внутренним и наружным освещением, пожарной сигнализацией и пожарной автоматикой) [2].

Аналогичные проблемы решаются с 2005 г. в проекте многофункционального жилого комплекса (МФЖК) в одном из районов Москвы (рис. 2). Максимальная верхняя отметка МФЖК превышает 182 м. МФЖК включает подземную автостоянку на 967 автомашин, стилобат, три 52-этажные башни (южную, западную и восточную)

с 2 нижними этажами в составе стилобата. Общая площадь жилой части башен составляет более 165 тыс. кв. м. В жилых башнях запроектировано 1372 квартиры [1–3].

В современном жилищном строительстве даже типовые проекты 25-этажных жилых зданий практически попадают под действие СП 253.1325800.2016. Однако проектировщики высотных жилых комплексов предлагают увеличить высоту пожарного отсека до 80 м или вместо разработки специальных технических условий ввести в нормативы возможность этого увеличения при соответствующем обосновании в проекте, который в обязательном порядке проходит государственную экспертизу [3–4].

Однако, как показали исследования, есть и другие пути решения проблем жизнеобеспечения в высотных зданиях [5–8].

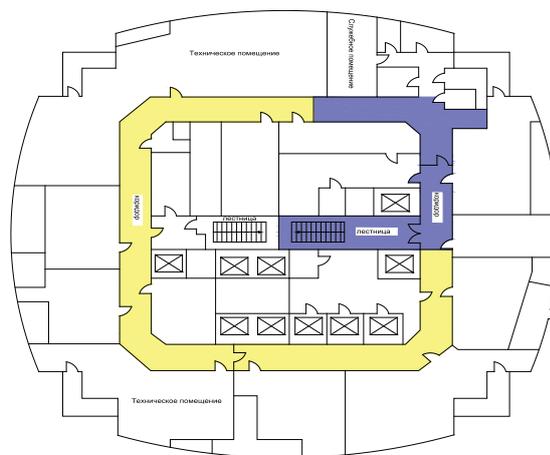
Проблема обеспечения пожарной безопасности в зданиях повышенной этажности

Статистические исследования показали [4, 5], что на жилой сектор России приходится ежегодно около 70% пожаров:

- около 125 000 пожаров и 10000 погибших в одноэтажных и двухэтажных домах;
- порядка 20000 пожаров и 2000 погибших в жилых зданиях от трех до пяти этажей;
- более 16000 пожаров и 1000 погибших в 6–9-этажных жилых зданиях;
- около 10000 пожаров и 500 погибших в 10–25-этажных жилых зданиях;
- порядка 30 пожаров и 10 погибших в жилых зданиях более 25 этажей.



а)



б)

Рис. 1. Внешний вид МФК «Высоцкий» (а) и планировка 34–35 эт. МФК «Высоцкий» (б)



Рис. 2. Многофункциональный жилой комплекс в районе г. Москвы

Если взять отношение числа погибших в пожарах к их «поэтажному числу» в жилых зданиях, то в жилых одно-двухэтажных домах это отношение в 4,16 раза ниже чем в высотных, несмотря на капитальные противопожарные затраты при строительстве «высоток» (незадымляемые лестничные клетки, автоматические системы пожаротушения, системы дымоудаления и т.д.).

Следовательно, существующие системы обеспечения пожарной безопасности жилых высотных зданий не обеспечивают требуемого уровня безопасности населения, проживающего в них.

Решение аналогичных проблем в области водо- и тепло/холодоснабжения жилых высотных зданий привели к созданию отдельно стоящих или встроенных в стилобат центральных пунктов тепло/холодоснабжения, в которых располагается все необходимое оборудование, имеющее 100% резерв, а для холодоснабжения квартир используются автономные сплит-системы [1–3, 6].

Казалось, что с применением канализационных труб из полихлорвинила проблемы с водоотведением решены окончательно. Однако в настоящее время во многих странах в высотных зданиях указанные трубы уже не используются, так как при пожаре огонь распространяется по ним на другие этажи [3, 8].

Противопожарная защита высотных зданий в настоящее время решается спринклер-

ными системами, в том числе и в квартирах. Однако в этом случае возникает проблема – как расположить трубы со спринклерными головками в интерьере квартиры, чтобы они не уродовали интерьер? Есть решения в виде «пристенных» спринклеров, а также вариант замены стальных труб пластиковыми, которые не поддерживают горение, а только деформируются и теряют герметичность. Они легко соединяются клеем, значительно эстетичнее металлических труб и легче вписываются в интерьер [4, 8].

Еще одна «водяная проблема» – водоотведение при пожаре. Если в квартирах установлена спринклерная система, то появляется требование о полной гидроизоляции квартир (а не только зоны санузла). Необходимо делать уклоны к приемным отверстиям (трап в данном случае не годится, поскольку у него маленькая пропускная способность) и выводить патрубки из водосточных труб (из канализационных труб нельзя из-за запаха) на уровне пола межквартирного холла [3].

Автономизация контроля и управления предотвращением аварийных отказов инженерных систем высотных зданий

В последние годы в России участились случаи взрывов бытового газа в жилых домах и многие высотные и многоквартирные жилые здания уже построены без газоснабжения, с вводом в квартиры трех-

фазного энергоснабжения для электроплит и электродуховок, а недавно Ростехнадзор выступил с инициативой о запрете использования газа в многоквартирных домах, направив соответствующую инициативу депутатам Госдумы.

Однако такое решение не является решением проблемы повышения безопасности проживания в таких зданиях, так как давно известно [9], что «некачественность» электроэнергии уменьшает технический ресурс бытовыми электроприборов, ускоряя пожароопасные отказы в них, т.е. увеличивает вероятность аварий и пожаров по электротехническим причинам. Следовательно, необходим мониторинг качества электроэнергии, например, путем введения «интеллекта» в электросчетчик, который вычисляет такую «некачественность» и изменение по этой причине вероятности пожара от электроприборов, с модулем отключения электроэнергии в квартире, для предотвращения пожароугрожаемого режима электроприборов, а при установке в электросчетчике датчиков пожарной сигнализации – обеспечивает раннее обнаружение загорания в квартире, где такой электросчетчик установлен, если оно произошло по другим причинам [10].

Таким образом, очевидным решением обнаружения и своевременного предотвращения отказов и аварий инженерных систем жилых зданий является оснащение квартир датчиками обнаружения утечки газа, воды, тепла и контроля качества потребляемой электроэнергии, а также их интеграция со средствами управления жизнеобеспечением [5].

Локальная автоматизированная микросистема диагностики и защиты

Известно [11–13], что газообразный азот, введенный на ранней стадии пожара в зону загорания с одновременным отключением электрооборудования, может подавить источник загорания и предотвра-

тить распространение огня. И наименьший ущерб при тушении пожаров наносит именно газообразный азот, который давно применяется для объемного тушения пожаров в библиотеках и на других объектах и от которого не повреждаются ни электроприборы, ни книги, ни мебель, ни декоративные и отделочные материалы и вещи, а также соседние с пожаром помещения и предметы быта в них, и самое главное – азот не вреден для человека, в отличие от других огнетушащих составов.

Следовательно, если разрабатываемая система сможет обеспечить раннее обнаружение опасных отказов электроприборов и утечки бытового газа в квартире, после чего отключит электроэнергию и введет газообразный азот, понизив концентрацию кислорода до уровня, при котором взрыв и горение невозможны (около 10%), то получим искомое решение.

Самыми «быстрыми и надежными» системами пожарной сигнализации являются аспирационные системы. При этом для достоверного обнаружения загорания могут использоваться три разных датчика (тепловой, дымовой и газовый). В этом случае трубопровод аспирационной системы, охватывая все помещения квартиры или индивидуального жилого дома, обеспечивает раннее обнаружение опасных факторов пожара (ОФП) путем прокачивания через камеру с указанными датчиками воздуха из всех помещений через отверстия в трубопроводе [14].

Если совместить аспирационную систему с электросчетчиком-извещателем пожарно-электрического вреда (ЭСИ ПЭВ) [5, 10], добавив в камеру датчик на бытовой газ и подключить генератор азота, для его подачи через трубы в каждую комнату, чтобы подавить возникающее загорание или взрыв от утечки бытового газа (рис. 3), то получим локальную автоматизированную микросистему диагностики и защиты (ЛАМС ДЗ).

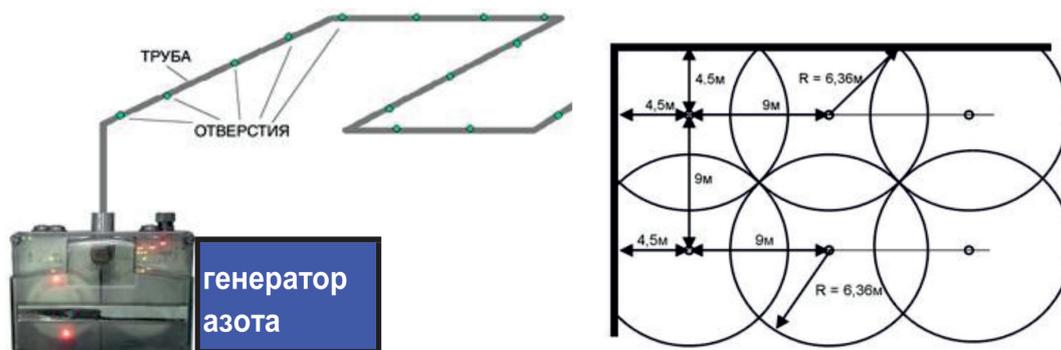


Рис. 3. Блок-схема ЭСИ-ПЭВ с аспирационной системой и генератором азота

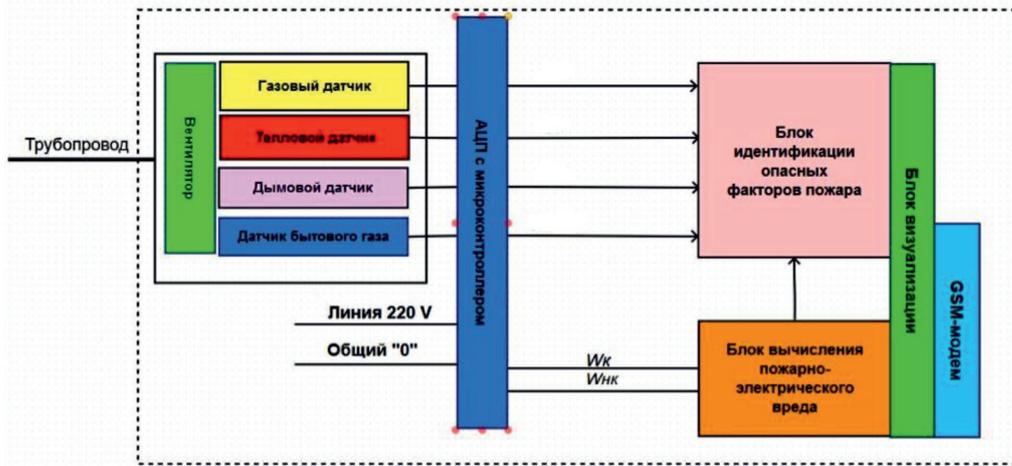


Рис. 4. Блок-схема ЭСИ–ПЭВ: W_k – Кол-во качественной энергии; $W_{нк}$ – кол-во некачественной энергии

В качестве генератора азота можно использовать любые источники [11-13]:

- 40-литровые баллоны со сжатым азотом;
- мембранные азотные установки (МАУ);
- термомагнитные сепараторы воздуха (ТМСВ).

Однако с точки зрения безопасности, надежности и эффективности МАУ и ТМСВ находятся вне конкуренции, так как, сепарируя азот из окружающего воздуха и направляя его в трубы аспирационной системы, удаляют все остальные атмосферные газы (O_2 , CO_2 и т.д.), например, в вытяжную систему, значительно ускоряя снижение концентрации кислорода в помещении, а также не требуют никаких перезарядок, работая до полного подавления загорания.

Однако для «выхода на рабочий режим» МАУ необходимы десятки минут и давление, при котором полволоконные мембраны работают эффективно, составляет 35 атмосфер, в связи с чем требуется дросселирование, чтобы не разорвать трубы (полимерные) аспирационной системы, к тому же воздушный компрессор МАУ потребляет много энергии.

ТМСВ, являющийся так же, как и МАУ, «бесконечным источником инертного газа» и кислорода, базируется на уравнении движения газа (уравнение Эйлера) в магнитном поле, через v – поле вектора скоростей газа, p – давление газа, α – магнитную поляризуемость отдельной молекулы и H – напряженность магнитного поля [13]:

$$\rho \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla) \cdot v \right) = -grad(p) - \rho \cdot grad \left(-\frac{\alpha H^2}{2m} \right). \quad (1)$$

Подставляя в формулу (1) уравнение состояния идеального газа $pV = NkT$, и выражая плотность газа через его давление $p = nkT = \rho kT/m$, получаем «уравнение термомагнитной сепарации» в виде распределения Больцмана:

$$\rho = \rho_0 \exp \left(\frac{\alpha H^2}{2kT} \right) = \rho_0 \exp \left(-\frac{U}{kT} \right), \quad (2)$$

где $U = -\alpha H^2/2$ – потенциальная энергия отдельной молекулы газа, обладающей пара- или диамагнитными свойствами, находящейся во внешнем неоднородном магнитном поле.

Магнитная поляризуемость отдельной молекулы кислорода α – положительна ($+3396 \cdot 10^{-6}$), а у остальных атмосферных газов, в том числе азота ($N_2 = -12 \cdot 10^{-6}$), она отрицательна, в связи с чем в области сильного магнитного поля плотность азотной компоненты уменьшается, а плотность кислорода увеличивается, в соответствии с уравнением (2). Разность температур между стенкой с постоянными магнитами и противоположной создается с помощью вихревых воздухоохлаждателей Азарова, запитываемых от прокачиваемого воздуха [15].

Стыковка ТМСВ с ЭСИ–ПЭВ не представляет конструктивных проблем и заключается в том, что «диамагнитный подканал» присоединяется к камере с датчиками, а электровентилятор аспирационной системы (рис. 4), который в этом случае должен быть более мощным, «переносится» на вход ТМСВ. В этом случае воздух из защищаемых помещений, проходя через камеру с датчиками и через «диамагнитный подканал» ТМСВ, засасывается вентилятором, работающим в режиме пониженной мощ-

ности, без газоразделения и охлаждения (из-за отсутствия вихреобразования в модулях Азарова), создавая такой поток воздуха, который обеспечит рекомендуемый для достоверного обнаружения ОФПВ «объем прокачки» в единицу времени [5, 10, 13].

При включении режима подавления опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) происходит реверс с включением на полную мощность электровентилятора, который должен обеспечить требуемое давление на входе в ТМСВ и необходимую скорость потока воздуха, для работы воздухоохладителей Азарова и термомангнитной сепарации инертных газов из воздуха, для их подачи через трубопроводы аспирационной системы в защищаемые помещения.

Выводы

Существующие системы инженерно-технического обеспечения жилых зданий не адекватны их опасности. Разработка ЛАМС ДЗ – локальной автоматизированной микросистемы диагностики и защиты жилого сектора – нацелена на раннее обнаружение опасных отказов электроприборов и утечки бытового газа в квартире, после чего автоматически отключает электроэнергию и вводит газообразный азот в защищаемые помещения, понижая концентрацию кислорода до уровня, при котором взрыв и горение невозможны. Создание единой концепции такой самоорганизации безопасной жизнедеятельности в индивидуальных, многоквартирных и высотных жилых домах обеспечит их надежность, безопасность, а также упростит их обслуживание управляющими компаниями через существующие сотовые сети связи.

Список литературы

1. Многофункциональные комплексы в регионах России / обзор компании GVA. URL: <http://zdanie.info/2393/2467/news/2410> (дата обращения: 08.12.2017).
2. Системы автоматизации и диспетчеризации высотных жилых комплексов / Н.В. Шилкин [и др.] // АВОК. – 2005. – № 5. URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2778&version=print (дата обращения 08.12.2017).
3. Бродач М.М. Инженерное оборудование высотных зданий (2-е изд., испр. и доп.; ISBN: 978–5–98267–068–7). – М.: Авок-Пресс, 2011. – 428 с.
4. Мешалкин Е.А. Пожарная безопасность жилых зданий // Системы безопасности. – 2013. – № 1. – С. 106–109.
5. Бахмацкая Л.С., Олейников С.Н., Периков А.В. Синтез аспирационного и термомангнитного методов выделения и подавления пожаро-энергетического вреда в автоматизированную систему обеспечения безопасности жилого сектора // Электроника и электротехника. – 2016. – № 2. – С. 88–95; DOI: 10.7256/2453-8884.2016.2.20898.
6. Кулягин И.А. Модель интеллектуализации сплит-систем для обеспечения пожарной безопасности // Международный студенческий научный вестник – 2017. – № 5–1. – С. 120–122.
7. Прус Ю.В. Аспекты организации процедур неразрушающего контроля в системах технической диагностики высотных зданий // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2009. – № 4. – С. 5–8.
8. Казакова В.А., Терещенко А.С., Недвига Е.С. Пожарная безопасность высотных многофункциональных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 3. – С. 38–56.
9. Белозеров В.В., Топольский Н.Г., Смелков Г.И. Вероятностно-физический метод определения пожарной опасности радиоэлектронной аппаратуры // Научно-техническое обеспечение противопожарных и аварийно-спасательных работ: Материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. – М.: ВНИИПО, 1993. – С. 23–27.
10. Олейников С.Н. Электросчетчик-извещатель пожарно-электрического вреда. Патент РФ на полезную модель № 135437 от 16.04.2013.
11. Юдин В.А., Бабуров В.П., Быстров Ю.В., Литвинов Л.В., Белокопытов О.К. Автоматическая установка азотного пожаротушения. Патент РФ № 2041724 от 20.08.1995.
12. Ворошилов И.В., Мальцев Г.И., Кошаков А.Ю. Генератор азота. Патент РФ на изобретение № 2450857 от 20.05.2012.
13. Белозеров В.В., Голованев В.А., Периков А.В. Модель автоматизированной системы противопожарной защиты высотных зданий // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <http://www.scienceforum.ru/2016/1963/25023> (дата обращения: 12.01.2018).
14. Butsynskaya T.A., Drovnikova I.G., Chlenov A.N. Technical means, systems of the security and fire alarm system // Fire & Explosion Safety. – 2008. – № 55. – P. 31–35.
15. Азаров А.И. Конструктивно-технологическое совершенствование вихревых воздухоохладителей // Технология машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 56–60.