

## **Уточнение модели разрушения больших зданий с помощью Интернета вещей.**

<sup>1,2</sup>В.К. Сарьян, <sup>3</sup>В.И.Травуш, <sup>1,2</sup>Н.А. Колесов

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>ФГУП Научно-исследовательский институт радио

<sup>3</sup>ЗАО «Горпроект»

Различные трагические события в мире, связанные с высотными зданиями, поставили перед человечеством много технических и социальных проблем.

Так, одной из главных технических проблем является решение вопросов осуществления инженерной безопасности и защиты объектов от чрезвычайных ситуаций: удара, взрыва, пожара, т.е. обеспечение высокого уровня ресурсной надежности зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла. Специалисты считают, что если даже с определенной неэстетичностью помещений можно еще смириться, то с пожароопасностью, сейсмоопасностью или конструктивной неустойчивостью зданий, которое несет смертельную опасность для жителей – мириться нельзя.

Высотные здания строились в разных странах мира, начиная со средних веков и первые здания – это соборы, церкви, которые были созданы для выполнения религиозных ритуалов. Строительство современных высотных зданий началось в конце XIX века в США, когда после пожара в 1871 году в городе Чикаго был отстроен практически заново весь город.

Во второй половине XX века и в начале XXI века происходит массовое строительство высотных зданий и сооружений во мире – в Париже, Лондоне, Куала-Лумпуре, Шанхае, Тайбэе, Токио и др. В 1967 году в Москве была сооружена телевизионная башня «Останкино» высотой 540.1 м, которая в течении нескольких лет была самым высоким свободно стоящим сооружением в мире. Башня Бурдж-Халифа в городе Дубае имеет высоту 828 м и это не предел, проектируются здания высотой более 1км. И конечно же такие здания являются символами технического прогресса. Число высотных зданий и небоскребов в мире стремительно увеличивается, а высота самого высокого небоскреба в Дубае, ОАЭ, превышает 800 м.

Высотные здания могут быть весьма разнообразными: отдельно стоящими и групповыми, осуществляя при этом несколько функций. Но все же акцент в высокоэтажном строительстве делается на многофункциональные комплексы, которые образуют деловой

квартал, сочетающий в себе административные, гостиничные, жилые здания, а также сооружения инфраструктуры.

Проектирование высотных зданий стимулирует инженерное решение многих новых сложных конструктивных задач, которые связаны с достижением необходимой прочности сооружения и не превышением допускаемых деформаций, а также с необходимостью обеспечения надежности здания на весь срок его эксплуатации, а также ремонтпригодностью и т.д. Высотное здание должно быть спроектировано так, чтобы могло быть устойчивым к постоянным и временным вертикальным нагрузкам, горизонтальным ветровым нагрузкам и их пульсациям, а при необходимости и сейсмическим воздействиям. Наружные конструкции здания должны воспринимать колебания температур, влажности, атмосферного давления.

В высотных зданиях и сооружениях предусматриваются несколько уровней систем безопасности.

Особое внимание должно быть уделено разработке мероприятий по недопущению прогрессирующего разрушения здания. Лавинообразное или прогрессирующее разрушение – это цепная реакция на непропорциональный локальный начальный отказ какого-либо элемента в сооружении, приводящий не только к непропорциональной поломке конструкции, но и к непропорциональной потере срока службы и ущербу. Началом события может быть результат любого из множества аварийных воздействий, типа случайного взрыва, пожара, ошибок проекта и возведения, а также преднамеренных террористических действий.

Современные сооружения имеют ограниченные резервы несущей способности для восприятия аварийных воздействий. Невозможно полностью сохранить конструктивную целостность здания, при различных вариантах опасности при взрывах, ударах, пожарах, ветре, землетрясении. Сегодняшний уровень развития вычислительной техники, программного обеспечения и квалификации специалистов позволяет определять реакцию конструкции на аварийные динамические нагрузки.

В высотных зданиях работают и проживают многие сотни, а то и тысячи людей и потому опасность отказа каких-либо конструктивных элементов, инженерных систем, террористическое воздействие или пожар могут иметь гораздо большие негативные последствия, чем в зданиях обычной средней этажности. Поэтому в этих зданиях необходимо постоянное наблюдение за их техническим состоянием. После окончания строительства расчетная модель здания должна быть откорректирована по результатам фактических размеров и физико-механических характеристик построенного здания и по этим результатам определено напряженно-деформированное состояние построенного здания.

По специально разработанному проекту во время строительства здания на наиболее напряженных конструкциях здания устанавливают приборы, позволяющие определять изменения деформаций и напряжений в основных несущих конструкциях. Необходимо достичь безопасности среды жизнедеятельности, в которой опасность или угроза гибели людей, причинения им вреда.

В России в последние годы особенно интенсивно развивается высотное строительство в Москве. Правительство города приняло программу «Новое кольцо Москвы», по которой вдоль третьего транспортного кольца города будет построено 60 комплексов, включающих около 200 небоскребов высотой 35-50 этажей. Инженерное обслуживание зданий всё более усложняется, и сегодня специалисты проектируют высокоэтажные "умные", "интеллектуальные" дома, управление и контроль за которыми может осуществляться на расстоянии с помощью мобильной связи.

Изменяется система показателей эффективности высокоэтажного строительства, если ранее были актуальными вопросы экономии строительных материалов при строительстве, а сегодня - экономия энергии, трудовых затрат при строительстве.

Развитие высотного строительства в России, по мнению авторов, не должно быть всеобъемлющим, т.е. строиться везде, где можно и нельзя, так как должен соблюдаться принцип рационального размещения и строительства этих зданий. Высотное домостроение имеет много положительных сторон для любого региона, где строятся такие здания, так как территория облагораживается, город (поселение) получает другой облик, более современный, оптимизируются многие технические процессы, меняется качество жизни населения, т.е. положительными сторонами строительства высотных зданий является возможность создания акцента на развитие данной территории, а также ее экономное использование.

Строительство высотных зданий не должно занимать всю нишу рынка строительного производства, и при наличии больших земельных ресурсов – это не рационально и не эффективно. Специалисты должны определить сферы его рационального применения и размещения.

Ученые считают важными проблемы, возникающие при строительстве высотных зданий: аэродинамики, вентиляции, отопления, систем управления, противопожарной защиты, безопасности и психологического дискомфорта. При строительстве высотных зданий могут возникать очень сильные воздушные потоки, что требует специального изучения аэродинамики. Кроме этого, при строительстве высотных зданий большое значение приобретают требования к сопротивлению воздухопроницанию конструкций, связанные с разностью давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях

ограждений. Существующие конструкции окон не обеспечивают требуемое сопротивление воздухопроницанию. Внутри высотных зданий также возникают воздушные потоки, что требует специальных решений. Это шлюзование входов в здание, шлюзование лестничных секций, высокая герметизация межэтажных перекрытий, герметизация мусоропроводов.

Авторы считают, что для достижения необходимого уровня безопасности высотного дома необходимо оборудовать здание различными датчиками, показывающими состояние вредных веществ и системой, автоматически отключающей вентиляцию в случае их обнаружения; сигнализирующую о любом тревожном состоянии системы жизнеобеспечения дома, с целью принятия необходимых срочных мер.

На сегодняшний день нет возможности экспериментальным путём проверить устойчивость высотного здания, в силу его высокой стоимости и практической нецелесообразности. Поэтому активно применяется моделирование разрушения, а экспериментальная проверка проводится только отдельных деталей конструкции. Для создания модели разрушения используются данные прошлых катастроф. На практике такие данные содержат информацию о начале катастрофы и ее конечном результате, но что происходит со зданием во время промежуточных стадий катастрофы остается неизвестным.

Однако знание процессов, протекающих во время промежуточных стадий чрезвычайной ситуации, позволит уточнить модели зданий и их разрушений, потому что в таком случае эти процессы моделируются на основе экспериментальных данных, а не на предположениях. В дальнейшем это позволит повысить качество проектирования, предотвратить чрезвычайную ситуацию или снизить ее негативные последствия.

Для получения информации о промежуточных стадиях катастрофы предлагается использовать, быстро развивающуюся в данный момент, технологию «интернета вещей» (Internet of Things/IoT). В данном случае она будет представлять из себя систему датчиков, регистрирующих состояние как системы в целом, так и отдельных её элементов. Это позволит проводить мониторинг системы также во время катастрофы, и тем самым получить нужные сведения о промежуточных стадиях чрезвычайной ситуации.

Все новые инфокоммуникационные технологии направлены на помощь пользователю, поэтому даже во время катастрофы, они должны обеспечивать поддержку его спасения. В реальной жизни человек, как можно быстрее, должен самостоятельно выйти из опасной зоны и у него нет времени ожидать помощи извне. Сегодня приложения «интернета вещей» становятся практически бесполезными во время катастрофы, когда приоритетом пользователя данного приложения становится вопрос выживания, однако, так как устройства «интернета вещей» широко распространены, будет логично использовать их ресурсы для спасения человеческих жизней. Таким образом, необходимо иметь качественно

разработанные устройства «интернета вещей» с приложениями как для функционирования в обычном режиме, так и в случае катастроф.

Поэтому была разработана Рекомендация по эксплуатации устройств «интернета вещей» и его приложений в условиях чрезвычайных ситуаций. Эта рекомендация представлена в виде международного стандарта *IoTDDITU-TY.2074*, определяющего требования к устройствам «интернета вещей» во время катастроф. Данная рекомендация принята МСЭ (Международным Союзом Электросвязи) – специализированным агентством ООН в сфере телекоммуникаций, информации и информационных технологий. ITU-T – это сектор стандартизации, ответственный за изучение технической, эксплуатационной и ценовой части этих технологий, а также за принятие рекомендаций с целью стандартизации телекоммуникаций на глобальном уровне.

С практической точки зрения невероятно сложно разработать и успешно внедрить новую систему спасения, так как это сопровождается сложной стандартизацией и сертификацией каждого элемента. Однако, увеличить функциональность уже существующих систем, дав им возможность поддерживать приложения «интернета вещей» – задача выполнимая. Более того, системы «интернета вещей» могут быть интегрированы в существующие системы спасения и, следовательно, использованы во время катастрофы.

Необходимо помнить, что новые системы, основанные на технологии «интернета вещей», никогда не заменят существующие, проверенные и сертифицированные системы спасения, которые уже зарекомендовали себя в данной сфере. Но новая технология позволит расширить способности текущих систем (а именно на способность альтернативного функционирования во время катастроф), оставляя при этом возможность мониторинга из центра управления существующей системой как в обычном режиме, так и во время катастрофы.

Для повышения эффективности работы устройства «интернета-вещей» в условиях, при которых здоровью и жизни человека начинает угрожать опасность, устройства должны пройти проверку в этих условиях (например, повышение температуры, давления и т.д.), что позволит определить критический момент «X» - как точку начала катастрофы. Это позволит проверить сохранность и работоспособность устройств в условиях катастроф.

Все проверки должны быть основаны на характеристиках возможных чрезвычайных ситуаций в местах, где устройства будут установлены, при этом у приложения «интернета вещей» не должно возникать сложностей и проблем с чрезвычайными ситуациями различных типов.

Рекомендации предлагают разрабатывать новые устройства «интернета-вещей» с расширенным спектром рабочих характеристик, так как их работоспособность важна для работы Приложений «интернета-вещей» во время катастроф.

В рекомендации предложены несколько стратегий поведения Приложений «интернета-вещей» во время катастроф. Для повышения эффективности использования ресурсов, связанных с работой приложения «интернета-вещей», необходимо применять одну или более предложенных стратегий. Все стратегии предполагают, что приложения «интернета-вещей» во время катастрофы переходят в особый режим работы, направленный на спасение человека.

Первая стратегия: Приложение «интернета вещей» с заданным режимом работы. Если у него имеется режим работы для чрезвычайной ситуации, то он активируется при необходимости и используется без дальнейшего вмешательства и внешнего контроля. К примеру, приложения, основанные на сенсорных сетях, разработанные для определения расположения человека в здании и имеющие режим функционирования во время катастроф, могут быть невероятно эффективны для помощи в эвакуации человеку во время пожара, землетрясения или других чрезвычайных ситуаций. Соответственно, приложения «интернета вещей» должны иметь соответствующий режим работы, активирующийся во время катастрофы.

Вторая стратегия: приложения «интернета вещей», временно предоставляющие свои ресурсы внешней системе спасения, то есть информационные данные Приложения передаются системе спасения для дальнейшей обработки. Ведь обычно приложения «интернета вещей» имеют определенное назначение, зачастую не связанное с помощью людям во время катастроф. Предполагается, что ресурсы такого приложения могут быть использованы внешней системой спасения для улучшения эффективности её управления ситуацией во время катастроф. То есть приложения «интернета вещей», созданные для пользователей в здании или другом месте, оснащённом системой спасения, должны временно (во время катастрофы) передавать свои данные для пользования системе спасения, которая, в свою очередь, должна поддерживать обработку таких данных. Такой режим может существенно расширить возможности систем спасения, например, информация о температуре и влажности в помещении будет крайне полезен в случае пожара.

Главный недостаток такой стратегии работы - в возможных ошибках функционирования компонентов инфраструктуры «интернета вещей», так как они не проектировались для работы во время катастроф. Такие ошибки могут вызвать негативные последствия, связанные с передачей некорректных данных.

Третья стратегия: приложение «интернета вещей» с внешним контролем во время катастрофы, такое приложение полностью контролируется системой спасения, передавая ей возможности контроля и все информационные ресурсы. Главная задача такой стратегии: обеспечить наиболее эффективное использование ресурсов Приложения «интернета вещей» для грамотного управления этими ресурсами, проводимого системой спасения, так как Приложение контролируется службами спасения, а значит имеет направленное действие на сохранение жизни людей.

В зависимости от назначения приложения «интернета вещей» и его возможностей одна или несколько описанных стратегий могут быть применены. Переключение между стратегиями зависит от внешних сигналов или превышений определённых пороговых значений измеряемых параметров, и будет определяться стадиями развития чрезвычайной ситуации.

В данный момент расположение датчиков мониторинга в зданиях, основывается во многом на экономической выгоде. Устройства «интернета вещей» предлагается размещать, основываясь на минимализации времени реакции датчика на возникновение катастрофы и сохранении функциональных возможностей системы. Это позволит получить более полную информацию о промежуточной стадии катастрофы.

Предлагается оснащать современные здания такими устройствами «интернета вещей», это позволит расширить возможности уже существующих систем спасения и, в случае катастрофы, собрать полную информацию о разрушении здания. В дальнейшем это поможет уточнить модель разрушения зданий, и учитывать эти особенности при их проектировании.

Повсеместное использование устройств «интернета вещей» может сыграть важную роль в повседневной жизни человека, влияя на их решения и поступки. Таким образом, человек в некоторой степени становится зависим от таких устройств и информационных данных, которые он получает. В такой ситуации, целостность и надёжность этих данных – это жизненно важный параметр «интернета вещей». Поэтому проблема поддержания необходимого качества информационных данных становится особо значимой во время катастроф, когда сохранность самих устройств «интернета вещей» не гарантирована.

В целях сохранения целостности и надёжности получаемых данных очень важным является создание доверенной среды. Для достижения таковой есть два метода: первый – сам производитель несет ответственность за любую неисправность и гарантирует работу устройства, второй – независимый уполномоченный центр полностью отвечает за

любую неисправность устройства, находящегося в его юрисдикции, и гарантирует работу устройства.

Первый метод наименее эффективен в силу сложного взаимодействия между пользователем и производителем. Второй метод намного прозрачнее, он включает создание центра управления и мониторинга устройств интернета вещей. Учреждённые центры будут нести ответственность за надлежащую работу устройств, входящих в их зону ответственности. Предполагается создание таких организаций на местном, муниципальном, региональном и федеральном уровнях для упрощения стандартизации их работы.

Центр выполняет мониторинг, запись и хранение информации полученной от устройств «интернета вещей», включая полученные до и во время катастрофы. Это позволит центру выполнять функцию черного ящика, то есть определять причину чрезвычайной ситуации. В дальнейшем данные собранные в центре, при надлежащей обработке, будут полезны для улучшения управления чрезвычайной ситуацией и уточнения модели здания и его разрушения.

### Литература

1. *Травуш В.И.* Безопасность человека в среде жизнедеятельности. – Архитектурный Петербург. – 2015. - № 3. – С. 6-8
2. *Назаренко А.П., Сарьян В.К., Лутохин А.С.* Использование летающих систем Интернета Вещей до, во время и после катастрофической фазы ЧС. – Электросвязь. – 2015. - № 7.
3. *Назаренко А.П., Сарьян В.К., Лутохин А.С., Сущенко Н.А.* Использование современных инфокоммуникационных технологий для спасения людей при чрезвычайных ситуациях. – Электросвязь. – 2014. - № 10.
4. Requirements for Internet of things devices and operation of Internet of things applications during disaster. – Recommendation ITU-T Y.2074
5. *Травуш В.И.* У каждого должна быть своя башня. Для меня это Останкинская. –Форум небоскрёбов 100+ ForumRussia