

АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ СЛОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА

М.М. Каширипур, В. М. Борейко
Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, 20013, г. Минск, Беларусь, mkashiripour@gmail.com

Автоматический мониторинг является частью необходимого и неизбежного развития как части инфраструктуры города. Необходимость его ведения обусловлена нарастающим накоплением многофункциональной и сложной инфраструктуры, контроль за техническим состоянием которой является необходимостью обеспечения безопасной и комфортной жизни населения. Современный человек уже не представляет своей жизни без повседневного использования сложной инфраструктуры, которая тесно связана с обеспечением его здоровья, труда и культурного развития является важной задачей для повышения уровня жизни населения.

Цель данного исследования является разработка системы автоматического мониторинга для последующего внедрения в процесс проектирования и строительства инфраструктуры.

Задачи, которые предстоит решить в процессе данного исследования является анализ современных технологий, программного обеспечения и оборудования для проектирования в сфере строительства; анализ и обработка данных, необходимых для внедрения автоматического мониторинга сложных сооружений и инфраструктуры города в проектировании с последующей эксплуатацией.

Методом исследования является использование современной литературы и анализ технологий в строительстве и проектировании, связанных с автоматическим мониторингом. Необходимо отметить, что передовая система автоматического мониторинга нуждается в определенном программном обеспечении, направленном на BIM-проектирование, например: Autodesk Revit, Tekla Structures, Renga и другие, а также в организации наблюдения за объектами с использованием такого оборудования, как камеры, датчики и, самое важное, центров обработки данных.

По результатам исследования авторы предлагают методику автоматического мониторинга для сложных сооружений и инфраструктуры города в рамках передовых направлений проектирования и строительства города как «умного города».

Ключевые слова: bim, автоматический мониторинг, строительство, инфраструктура, сооружение, датчик.

ВВЕДЕНИЕ

Повседневная социальная жизнь людей требует постоянного общения, коммуникаций между ними, активного и пассивного отдыха, оздоровления и развлечений. Как правило, ни один человек не находится на месте в течении дня и ему требуется постоянное перемещение.

Эти потребности человека вызывают спрос на их удовлетворение, которое проявляется в обеспечении данных нужд социальной инфраструктурой. Все больше зданий и сооружений, возводимых в настоящее время, являются многофункциональными.

Так, например, жилые здания могут оборудоваться в уровне первого этажа объектами социальной направленности, такими как детские сады, парикмахерские, магазины, рестораны и многое другое, современные больничные учреждения имеют сложнейшее медицинское оборудование, требующее специфических условий эксплуатации, высокоточные технологичные производственные здания и научные лаборатории здания должны иметь определенный микроклимат, а инженерные сооружения, вроде мостов и

тоннелей, должны обеспечивать проход большеразмерных транспортных средств. При этом, все вышеперечисленные здания и сооружения могут находиться в сложных метеорологических, геологических и географических местах, в зависимости от их необходимости конечному потребителю. Это обуславливает необходимость учета при проектировании, строительстве и эксплуатации значительное количество факторов, влияющих на последующую нормальную эксплуатацию данных объектов.

Изучив и проанализировав различные источники, автоматический мониторинг сложных и уникальных сооружений и элементов инфраструктуры города является не тривиальной задачей, требующей индивидуального подхода в каждом конкретном случае, при этом мониторинг является важной частью, влияющей на безопасность и комфорт повседневной жизни населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Современные сооружения инфраструктуры города имеют важное значение в повседневной жизни людей. Несвоевременное устранение поломки может привести к значительным последствиям, таким как человеческие жертвы в результате обрушения, экономические последствия в связи с необходимостью проведения ремонтно-восстановительных работ большего масштаба, нежели могло быть изначально, а также нарушение логистических маршрутов и временные издержки, нарушающие привычную комфортную жизнь людей.

В целях повышения качества жизни населения, обеспечения безопасности и рационального расходования денежных средств требуется непрерывный контроль за техническим состоянием объектов городской инфраструктуры.

В области современного проектирования 21-го века набирает популярность BIM-проектирование. Как было сказано в [1] BIM — это не только 3D. Данное направление позволяет производить полную электронную модель здания и сооружения с полным перечислением физических, экономических, временных и прочих, при необходимости, наборов параметров для каждого элемента. Данная особенность позволяет получить наглядное и достаточно точное представление о проектируемом объекте. Тем не менее, процесс проектирования не может быть абсолютно автоматизирован и принятие технических решений остается за проектировщиком. Данная информационная модель может лишь содержать данные, заполненные пользователем, либо вычисленные в автоматическом режиме. Наиболее распространенными на данный момент программными обеспечениями, реализующими данные возможности, являются Autodesk Revit, Tekla Structures, Renga и некоторые другие.

Правильный учет на стадии проектирования параметров, влияющих на нормальную эксплуатацию сооружений, позволяет снизить эксплуатационные издержки на данные сооружения. При этом, в области компетенции эксплуатирующей организации не находится анализ принятых проектных решений и произведенных строительно-монтажных работ. В связи с этим, для облегчения контроля за состоянием конструкций может применяться специальное оборудование и программное обеспечение, способное в автоматическом режиме контролировать параметры, заложенные в алгоритмы их работы.

Таким оборудованием может являться система датчиков, камер наблюдения и центров обработки данных, которые будут являться частью системы «Умный город».

На протяжении всего периода эксплуатации конструкций здания и сооружения подвергаются определенным воздействиям, например температурным, ветровым, сейсмическим и функциональной нагрузке. Как было указано в [2], при строительстве в условиях плотной городской застройки особое внимание уделяется обустройству площадей под зданием, т.е. организацией подземных парковок, технических цокольных этажей и т.д. Все вышеперечисленные факторы оказывают прямое воздействие на условия, в которых эксплуатируются здания и сооружения. Данные условия оказывают влияние в виде вибраций, температурных излучений и непосредственного воздействия нагрузки на

конструкции., в результате чего в конструкциях могут образовываться чрезмерные, деформации и трещины [3, 4]. На стадии проектирования объекта данные типы нагрузок должны быть предусмотрены и определены значения деформаций, при которых не нарушается нормальная эксплуатация сооружений.

В настоящее время мониторинг регламентируется [5]. Согласно данному документу, стационарную станцию мониторинга технического состояния уникального здания устанавливают с целью выявления на ранней стадии изменений напряженно-деформированного состояния конструкций здания, чтобы решить вопрос о необходимости проведения обследования конструкций для уточнения категории технического состояния. Таким образом, подразумевается мониторинг уникального здания, либо сооружения, до достижения определенных параметров, после наступления которых будет проводиться его обследование с детальным определением технического состояния конструкций. При этом, сама станция мониторинга не принимает решений, это остается за оператором станции.

В составе данной статьи рассматривается возможность создания городской базы данных под условным названием «Умный город», которая будет хранить и обрабатывать результаты автоматического мониторинга, осуществляемого системой установленных и объединенных в сеть датчиков, контролирующими заданные эксплуатирующей организацией параметры. Данные значения параметров должны быть внесены в базу данных системы «умный город» и впоследствии происходить автоматическое сравнение параметров непрерывного мониторинга значений, определенных датчиком и значений, заложенных в базе данных. В случае отклонения от диапазона допускаемых значений, должен быть передан сигнал оператору для принятия дальнейших решений и подаче сигнала аварийным службам, либо организации, выполняющей текущий ремонт.

В системе жизни современного города присутствуют объекты стратегического назначения, сведения о конструкции и местах расположения которых предоставляются ограниченному перечню лиц в целях безопасности. Для таких случаев должен быть предусмотрен различный уровень доступа для операторов системы «умный город».

Одной из важных составляющих объектов сложной инфраструктуры города является комфорт ее эксплуатации. За данный комфорт отвечает значительное число параметров, таких как температура, влажность, эстетическая составляющая и функциональность.

Современные мосты могут проектироваться с подогревом в целях предотвращения образования наледи на поверхности. В вечернее время комфорт и безопасность передвижения по путепроводам требуют освещения. Для комфортной эксплуатации и работы сотрудников метрополитена, в тоннеле метро должен поддерживаться определенный диапазон температуры. Таким образом, мониторинг элементов инфраструктуры города должен заключаться не только в контроле их прочностных параметров, а также в наблюдении за соблюдением комфортных эксплуатационных показателей [6]. Данные датчики должны быть установлены на соответствующие инженерные системы и подключены в состав системы «Умный город».

Нередко случаются ситуации, когда строительство одного сооружения может оказывать влияние на иное сооружение, работы по которому не предусмотрены в рамках выполняемого объекта. При объединении сооружений в общей информационной базе будет иметь место возможность слежения за результатами воздействия и своевременное принятие мер по их компенсации.

Структура системы «умный город», предусматривающей систему онлайн-мониторинга за состоянием важных объектов социальной инфраструктуры, должна иметь следующий вид:

Определяется допускаемый диапазон значений показаний датчика и место его размещения в составе проектной документации.

Датчик в процессе строительно-монтажных работ устанавливается в предусмотренное место и передает информацию по сети на центр обработки данных.

В центре обработки данных присутствует личный кабинет каждого сооружения, в котором присутствует перечень элементов, проходящих мониторинг и информация о проектном сроке эксплуатации, датах ремонта сооружения, перечне инженерного оборудования, контактных данных эксплуатирующих организаций и проектно-сметной документации по данному сооружению.

Центр обработки данных сравнивает значение показаний датчика с диапазоном допускаемых значений по данному объекту.

При получении значений, выходящих за значение допускаемого диапазона, выводится сигнал дежурному оператору, в чьем ведомстве находится сооружение.

Дежурный оператор определяет порядок дальнейших действий, при необходимости вызывает аварийную службу на данный объект и в ответе на сигнал центра обработки данных высылает отчет о принятых решениях.

Подобный подход позволит выполнять корректировку планирования выполнения капитальных ремонтов и реконструкций объектов сложной инфраструктуры города, исходя из контроля их технического состояния на основании актуальных показаний оборудования.

ВЫВОДЫ

В связи с ежедневным развитием и инновациями в различных сферах жизнедеятельности, в том числе строительстве, мониторинг и обслуживание инфраструктуры нуждаются в детальном наблюдении, в том числе в городах, где население массово эксплуатирует данные блага.

Данное исследование предлагает подход для создания системы автоматического мониторинга для сложных сооружений и инфраструктуры города, которая основана на передовых современных технологиях и инновациях в строительстве, а также обработке данных с помощью автоматизированного программного обеспечения. Мировая практика показывает, что значительной частью требуемой информации располагают различные организации, функционирующие в городской среде, но такой масштабный центр обработки данных нуждается в доработке в результате перехода к развитию городской среды как «умного города». Поэтому, с момента формирования данной концепции, нужно выделять больше внимания на объекты сложной инфраструктуры города и их автоматического мониторинга. Можно сказать, что с помощью автоматического мониторинга, городская инфраструктура будет не только эффективнее работать, но и благоприятно повлияет на повышение безопасности, экономичности и уровне жизни горожан.

Литература

1. Талапов, В. В. Технология BIM : суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов // Москва : ДМК Пресс, 2015. — 410 с.
2. Леденев, В. В. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений / В. В. Леденев, В. П. Ярцев // Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. — 252 с.
3. ГОСТ 32019-2012. Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Правила проектирования и установки стационарных систем (станций) мониторинга = Маніторинг технічного стану унікальних будинкаў і збудаванняў. Правілы праектавання і ўстаноўкі стацыянарных сістэм (станцый) маніторынгу. – введ. 2016-10-01. – Минск: Госстандарт, 2016. – 24 с.
4. Automated assessment of cracks on concrete surfaces using adaptive digital image processing / Y.F. Liu, S.J. Cho, Jr. B.F. Spencer, J.S. Fan // Smart Structure and Systems. 2014. Vol. 14, No. 4. p. 719–741.
5. Spencer B., Hoskere V., Narazaki Y. Advances in Computer Vision-Based Civil Infrastructure Inspection and Monitoring / B. Spencer, V. Hoskere, Y. Narazaki // 2019. Vol. 5, No. 2. p. 199–222.
6. A. Anatoly A., Statsenko A., Obukhov V., and Smirnova A. Development of artificial intelligence systems for megacities transport infrastructure management / A. Anatoly, A.

Statsenko, V. Obukhov, and A. Smirnova // In 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), p. 1663-1666.

7. Feng D., Feng M.Q. Computer vision for SHM of civil infrastructure: From dynamic response measurement to damage detection – A review / D. Feng, M.Q. Feng // Engineering Structures. 2018. Vol. 156. p. 105–117.

УДК 691.492, 54.084

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МИКРОКАПСУЛ, СОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ САМОВООТАНОВЛЕНИЯ БЕТОНА

Тан Дунян, Ван Минюань, С.Н. Бондаренко, С.Н. Ковшар
Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, bosn@mail.ru

Concrete cement is the most widely used building material applicable in road construction. Under real exploitation conditions concrete structures are subjected to different types of local destructions such as cracks which lead to the destruction of the roadway as a whole.

In order to ensure the safety, stability and durability of the road coating, technology scheme for using microcapsules with concrete self-healing components is proposed. Scientific and practical approaches to the preparation of such type microcapsules containing components for self-healing concrete are proposed.

The structural features and strength characteristics of the obtained microcapsules have been studied. An assessment of the kinetic features of the restoration of the destroyed structure of cement concrete is given.

Key words: self-healing concrete, microcapsules, structural durability

Традиционно используемые в дорожном строительстве композитные строительные конгломераты, например, цементобетон, подвержены старению. В процессе эксплуатации это приводит к образованию трещин, локальных дефектов и, в конечном итоге, к разрушению дорожного полотна. В настоящее время эту проблему пытаются решать путем добавления в цементобетонную матрицу материала дорожного покрытия микрокапсул, наполненных "восстанавливающими" веществами, ещё на стадии формирования композитной структуры бетонного конгломерата.

Идея самовосстановления заключается в том, что напряжения, возникающие в процессе образовании трещин и других структурных дефектов, разрывают капсулы и освобождают при этом ядро, содержащее «заживляющие» вяжущие и расширяющиеся компоненты. Эти компоненты вступают в химическую реакцию с водой, проникающей в бетон и формируют целевой «заживляющий» продукт, который поступая в образовавшуюся дефектную полость или трещину, обеспечивает восстановление и стабилизацию композитной структуры материала.

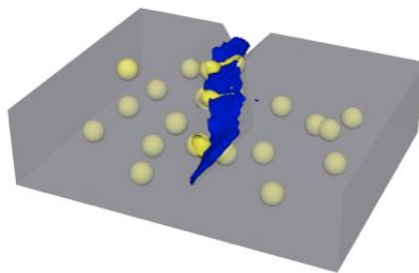


Рис 1. Схема, иллюстрирующая принцип работы микрокапсулы после её разрыва и активизации ядра, содержащего «заживляющие» компоненты.