

Эволюция систем мониторинга и управления. Интеграция СММК в ИТС

Мы живем в мире, где цифровые технологии стремительно развиваются во всех сферах современной жизни, бизнеса, и автомобильная отрасль не является исключением. Сегодня при сооружении на территории РФ автомобильных дорог и искусственных объектов ведутся масштабные работы с применением цифровых технологий, в том числе автоматизируются процессы управления системами, происходит информационная интеграция данных от различных систем на уровне принятия решений. Так эволюционно в современные агломерации внедрились интеллектуальные транспортные системы (ИТС) как множество распределенных подсистем, устройств, датчиков для формирования различных сценариев движения на участках дороги с учетом фактического состояния транспортных потоков и участников дорожного движения.

О внедрении и развитии систем мониторинга инженерных конструкций искусственных сооружений в рамках внедрения ИТС рассказали эксперты научно-технического центра «Комплексные системы мониторинга» – заместитель генерального директора по проектной работе Михаил Волчков, заместитель генерального директора - главный инженер Герман Осадчий и директор по развитию Оксана Хильчук.

ТЕХНОЛОГИИ



Развитие транспортной инфраструктуры является ключевым элементом обеспечения комфортной жизни общества, так как по мере увеличения числа транспортных средств на дорогах, как следствие, возникают комплексные проблемы, связанные с обеспечением безопасности дорожного движения. Это обусловлено не только повышенной нагрузкой на дорожные сервисы и транспортную инфраструктуру, но и состоянием ее элементов, таких как мосты, тоннели, эстакады, являющиеся неотъемлемой частью агломерационной инфраструктуры.

В связи с этим важно внедрение систем мониторинга инженерных конструкций искусственных сооружений (СМИК) в рамках создания интеллектуальных транспортных систем агломераций.

При этом обеспечение цифровизации и цифровой трансформации объектов инфраструктуры автомобильных дорог и искусственных сооружений невозможно без использования соответствующих систем мониторинга.




Контроль, интеллектуальный анализ состояния несущих конструкций искусственных сооружений на автомобильной дороге реализуется системой СМИК. С ее помощью в режиме реального времени отслеживаются характеристики напряженно-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций, что позволяет вовремя реагировать на критические изменения поведения конструкций (непрерывный мониторинг).

Прогнозирование состояния несущих конструкций искусственных сооружений и их поведения при нормативных и ненормативных нагрузках на автомобильной дороге и транспортной экосистеме агломераций в целом обеспечивает построение прогнозов индифферентной глубины, основанных на предиктивной аналитике (predictive analytics), что позволяет разделить риски по вероятности возникновения и давать рекомендации по обеспечению безопасности сооружений. Надо учесть, что на данный момент прогнозирование является краеугольным камнем в системе мониторинга инженерных конструкций зданий и сооружений, так как требует


серьезной законодательной и технологической проработки, позволяющей определять и предсказывать поведение конструкций на основе остаточного ресурса искусственных сооружений.

На искусственное сооружение устанавливаются датчики, которые регистрируют текущее состояние несущих конструкций объекта. Также непрерывный автоматизированный мониторинг может быть реализован с помощью беспроводных сенсорных сетей с использованием геолокационных систем. Данные собираются с датчиков, обрабатываются и анализируются специализированными программами, которые позволяют определить тренд изменений в состоянии объекта под влиянием различных нагрузок, а в ближайшем будущем и давать рекомендации по обеспечению их безопасности.

**Система
СМИК измеряет
следующие параметры:**

-  **климатические**
(давление, влажность, температура, видимость)
-  **статические**
(деформация и перемещения)
-  **динамические**
(вибрация)





Контроль, интеллектуальный анализ состояния несущих конструкций искусственных сооружений на автомобильной дороге реализуется системой СМИК, при помощи которой в режиме реального времени отслеживаются характеристики напряженно-деформированного состояния несущих конструкций, что позволяет вовремя реагировать на критические изменения поведения конструкций

Для регионов со сложными климатическими условиями, в том числе в районах вечной мерзлоты, недостаточно ограничиваться контролем состояния искусственных сооружений и конструкций. Поэтому применяется геотехнический мониторинг (ГТМ) как дополнительная система мониторинга, которая дает возможность отслеживать температурно-влажностный режим грунтов и изменения состояния фундаментов различных конструкций.

Такое сочетание систем делает возможным управление следующими рисками:

- растрескивания и промерзания грунтов,
- возникновения подтопления и водяных линз,
- осыпей грунта и неравномерной осадки фундаментов сооружений, размывов опор и свайных оснований, деградации многолетней мерзлоты в целом.

Отсутствие таких наблюдений несет риск тяжелых и серьезных последствий – угрозу возникновения техногенных и экологических катастроф, особенно в регионах со сложными природными условиями. Данная проблема стоит наиболее остро в том числе и потому, что, например, регионы отечественного Крайнего Севера имеют зачастую ветхую инфраструктуру, экстремальные условия эксплуатации, многолетний недостаток в финансировании при эксплуатации объектов. Эти причины, а также отсутствие постоянных мероприятий по сохранению и предотвращению деградаций вечной мерзлоты, включенных в стратегии устойчивого развития регионов, приводят к накопительному дестабилизирующему эффекту.

Внедрение таких систем должно предусматриваться уже на стадии проектирования объектов транспортной инфраструктуры, так как в процессе эксплуатации требуется прогнозирование рисков на ранних стадиях, оценка скорости их развития и классификация по тяжести возможных последствий в рамках стратегии оценки рисков.

Отдельным вопросом является интерпретация данных, собранных в результате работы СМИК. Поскольку информация, полученная из этой системы, позволяет прогнозировать состояние сооружения, то ее обработкой и аналитикой должна заниматься специализированная научная организация на этапе эксплуатации сооружения. Затраты на такое сопровождение необходимо учитывать в проекте по содержанию и обслуживанию систем мониторинга.

ТЕХНОЛОГИИ

Экономический эффект внедрения СMIK в ИТС

Внедрение систем мониторинга инженерных конструкций может существенно улучшить безопасность и экономическую эффективность транспортной инфраструктуры агломераций. Ниже описаны основные выгоды от использования этих систем.



1 Снижение затрат на ремонт и обслуживание объектов транспортной инфраструктуры

Одной из главных экономических выгод от внедрения систем мониторинга является снижение затрат на ремонт и обслуживание объектов транспортной инфраструктуры. Системы мониторинга могут определять ранние признаки износа несущих конструкций, что помогает своевременно начать их ремонт и предотвратить чрезвычайную ситуацию. Таким образом, внедрение систем мониторинга способствует корректировке срока планирования ремонтных работ и тем самым уменьшению времени каких-либо ограничений в эксплуатации объектов и сокращению затрат на их ремонт и обслуживание, так как появляется возможность проведения данных мероприятий на основании результатов диагностирования, а не по разработанным регламентам без учета реального состояния объекта.

2 Увеличение срока службы искусственных сооружений

Еще одной прямой экономической выгодой внедрения систем автоматизированного мониторинга объектов транспортной инфраструктуры является увеличение их срока службы. Надо понимать, что основной целью внедрения мониторинга должно стать создание возможности прогнозирования событий для их предотвращения. Получение подобного свойства техническим объектом приводит к тому, что этот объект совершенствует собственный технический иммунитет и становится менее уязвимым к внешним дестабилизирующим факторам. Благодаря своевременному выявлению неисправностей системой мониторинга можно проводить компенсирующие мероприятия заранее и тем самым увеличить срок их эксплуатации.

3 Повышение безопасности дорожного движения и комфорта вождения

Системы автоматизированного мониторинга могут предупреждать об опасных уровнях напряжения несущих конструкций, которые могут привести к риску аварии. Этот вид информации позволит эксплуатирующим службам оперативно реагировать на возможные угрозы и принимать необходимые меры по устранению проблем. В итоге повышается безопасность и комфорт вождения, что можно рассматривать как непосредственную экономическую выгоду для водителей и пассажиров. Для горожан это является важным фактором при выборе места для жизни и работы.

4 Оптимальное использование ресурсов объекта инфраструктуры

Системы мониторинга позволяют определять объекты транспортной инфраструктуры, которые испытывают наибольшие нагрузки в процессе эксплуатации и требуют привлечения дополнительных ресурсов для ремонта и модернизации. Внедрение СMIK может помочь оптимизировать движение транспорта в рамках агломерационной транспортной системы, снизив излишнюю нагрузку на наименее стойкие объекты.

5 Увеличение привлекательности агломераций для инвесторов

Внедрение систем автоматизированного мониторинга объектов транспортной инфраструктуры в инфраструктуру агломераций можно также рассматривать как фактор, способствующий привлечению инвесторов в регион. Благодаря повышению безопасности и комфорта передвижения транспорта и увеличению срока службы искусственных сооружений, города становятся более привлекательными для развития предприятий, бизнеса и туризма.



ТЕХНОЛОГИИ

Однако внедрение СМИК в ИТС связано с рядом сложностей и проблем. И одна из основных – это отсутствие понимания ценности внедрения СМИК регионами, полная неосведомленность о принципах работы и эффективности ее внедрения на объектах инфраструктуры, сложность понимания экономических расчетов на старте. Как следствие – инертное состояние попыток внедрения компаниями-специалистами, отсутствие заинтересованности в том числе со стороны эксплуатирующих организаций.

Также важная причина – это достаточно высокая стоимость оборудования и программного обеспечения, необходимых для создания систем автоматизированного непрерывного мониторинга, высокая стоимость взаимодействия между системами мониторинга и другими элементами ИТС, такими как системы светофоров, контроля скорости и т.д. Расходы на покупку и установку оборудования, настройку и обучение персонала, подключение системы к инфраструктуре агломерации и проведение сопровождающих мероприятий могут составлять значительную часть затрат на внедрение системы. А отсутствие государственных инвестиций в данную сферу не добавляет заинтересованности со стороны потенциальных потребителей (региональных и федеральных властей).

Кроме того, для эффективного функционирования систем мониторинга необходимо обеспечить базовые ресурсы: надежную и бесперебойную поставку электропитания, высокоскоростной доступ к сети интернет, качественную транмиссию данных. Также необходимо обеспечить высокую степень конфиденциальности и защиты передаваемых данных.

В итоге особенности экономической эффективности внедрения СМИК в ИТС заключаются в том, что вложения в создание систем мониторинга и их обслуживание окупаются за счет повышения безопасности движения на объектах транспортной инфраструктуры и уменьшения расходов на их ремонт и обслуживание, т.е. есть среднесрочная и долгосрочная перспектива. Данные системы мониторинга предоставляют эксплуатационным службам информацию по использованию объектов транспортной инфраструктуры и их состоянию, что позволяет принимать оперативные меры по устранению возможных проблем. В долгосрочной перспективе

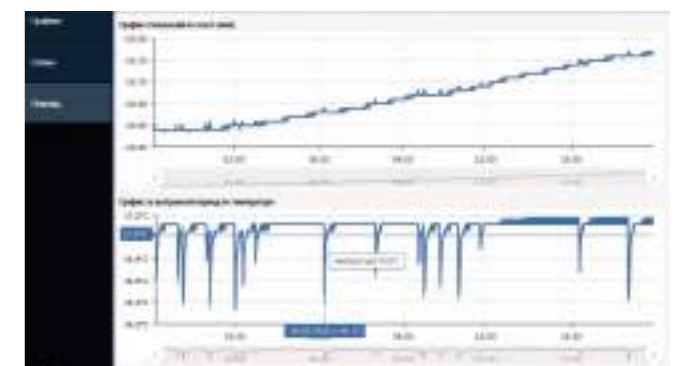
внедрение этих систем поможет уменьшить затраты на ремонт, обслуживание и реконструкцию искусственных сооружений, повысить эффективность и безопасность городской инфраструктуры и улучшить качество жизни в регионе.

Таким образом, внедрение систем мониторинга инженерных конструкций в интеллектуальные транспортные системы агломераций является важным шагом для обеспечения безопасности и экономической эффективности транспортной инфраструктуры городов, так как эта важная интеграция обеспечивает собственный иммунитет технических объектов, увязанных в единую систему взаимодействия в рамках функционирования транспортной инфраструктуры, которая становится менее уязвимой для внешних дестабилизирующих факторов.

Общение и интеграция систем. Планы на будущее

Отметим, что ИТС – это множество распределенных подсистем, устройств, датчиков для формирования различных сценариев движения на участках дороги с учетом фактического состояния транспортных потоков и участников дорожного движения. Безопасность участников дорожного движения обеспечивается в ИТС за счет своевременного информирования их о нештатных ситуациях на дорогах. Например, об изменении погодных условий, возникновении заторов, ДТП. Однако контроль возникновения аварийных ситуаций на самой транспортной инфраструктуре отсутствует в составе ИТС.

До сих пор между системами ИТС и СМИК с ее подсистемами не отрегулирована интеграция. Отсутствует передача собранных данных систем мониторинга инженерных конструкций в интеллектуальные транспортные системы для их дальнейшей обработки и анализа. Фактически интеграция должна выглядеть следующим образом: СМИК обнаруживает отклонения контролируемых параметров и при аварийных значениях передает информацию в эксплуатирующую организацию, которая перенаправляет потоки, ограничивает или запрещает движение по аварийным искусственным сооружениям.



Применение предложенной архитектуры ИТС агломераций + СМИК позволит реализовать следующие мероприятия:

1. Мониторинг и анализ состояния искусственных сооружений транспортной инфраструктуры.
2. Внедрение систем передачи данных, которые предоставляют возможность быстро и эффективно обрабатывать информацию о состоянии объектов транспортной инфраструктуры и принимать оперативные решения.
3. Использование специального программного обеспечения для анализа данных, полученных в результате мониторинга.
4. Интеграция систем мониторинга объектов транспортной инфраструктуры с другими системами управления городской интеллектуальной транспортной системой.
5. Создание резервов для быстрого устранения проблем со стороны специальных служб по ремонту и техническому обслуживанию объектов транспортной инфраструктуры.

ТЕХНОЛОГИИ

Важно, что в реалиях современной цифровизации и цифровой трансформации автодорожной отрасли невозможно осуществлять контроль за фактическим состоянием инфраструктуры без применения СММК. Техническая диагностика и ее развитие в виде мониторинга базируются на уточнении априорной информации о надежности объекта диагностирования с использованием дополнительной информации о его истории (остаточного ресурса сооружений согласно технической и эксплуатационной документации) от датчиков, обследований, наблюдений и т. д.

Система мониторинга не только набор датчиков, преобразователей, каналов передачи диагностической информации, средств их хранения и обработки. В идеальном варианте система мониторинга инженерных конструкций и сооружений должна быть звеном в цепи обратной связи ИТС и в автоматическом режиме должна не только сообщать о потенциальном критическом событии на технических объектах транспортной инфраструктуры агломераций, но и управлять этой информацией так, чтобы подобное событие можно

было предотвратить, а в худшем случае — парировать наиболее эффективным способом с минимальными экономическими и экологическими потерями.

На сегодняшний день наличие автоматизированных систем мониторинга — обязательный атрибут реализации технических объектов при требуемом и повышаемом техническом иммунитете, система мониторинга инженерных конструкций и сооружений — необходимый компонент для создания технических систем во всех сферах, в том числе в транспортной. В контексте цифровизации и цифровой трансформации объектов транспортной инфраструктуры, а также в условиях необходимости учета множества сценариев и неопределенностей, влияния негативных факторов, обеспечение структуры взаимодействия систем СММК и ИТС является требованием реальности, а в ближайшем будущем, как мы можем предположить, данная интеграция должна стать естественной и привести к эволюции архитектуры интеллектуальной транспортной системы и передаче управления искусственному интеллекту (ИИ).

Однако для эффективного использования систем автоматизированного мониторинга и анализа данных, полученных в результате работы СММК, необходимо на законодательном и нормативном уровнях сделать следующее:

- определить обязательное использование СММК на всех искусственных сооружениях, строящихся автомобильных трассах,
- закрепить обязательную разработку проектов по содержанию и обслуживанию систем мониторинга,
- разработать и утвердить расценки на содержание и эксплуатацию СММК.

Также назрела необходимость ввести требование о внедрении СММК на объектах, которые находятся в эксплуатации более 100 лет, ввиду возникновения технической необходимости контроля в том числе износа конструкций. В ряде нормативных документов, концептуальных программ наблюдается тренд на внедрение систем мониторинга инженерных конструкций в свои интеллектуальные транспортные системы. Однако большая работа еще впереди.



Внедрение таких систем должно предусматриваться уже на стадии проектирования объектов транспортной инфраструктуры, так как в процессе эксплуатации требуется прогнозирование рисков на ранних стадиях, оценка скорости их развития и классификация по тяжести возможных последствий в рамках стратегии оценки рисков