

СИСТЕМА СТРУКТУРИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА

на автодорожном мосту через реку Обь вблизи Сургута

Описана система структурированного мониторинга уникального технического сооружения — моста через реку Обь в районе Сургута. Приведены технические подробности реализации системы мониторинга, указан состав датчиков физических величин, приводятся примеры смонтированных устройств, а также внешний вид автоматизированного рабочего места оператора системы.

И. А. Аганов, генеральный директор, **Г. В. Осадчий**, заместитель генерального директора — главный инженер, **Д. В. Ефанов**, д.т.н., доцент, заместитель генерального директора по научно-исследовательской работе, **М. В. Киселёв**, ведущий специалист, **А. С. Каллистов**, ведущий специалист; ООО НТЦ «Комплексные системы мониторинга»



Рисунок 1. Центральный вантовый пролет мостового сооружения через реку Обь в районе Сургута

Развитие техники и информационных технологий последних лет позволяет человечеству не только создавать уникальные сооружения, но и наделять их особым свойством — возможностью сигнализации о возникающих в процессе их эксплуатации изменениях. Данное свойство может быть заложено при проектировании некоторого сооружения, либо же «добавлено» при его дооснащении специализированными техническими средствами. В процессе проектирования специалисты анализируют конструкцию

объекта, выбирают ключевые диагностические параметры и способы их получения, трансляции в пункт концентрации, обработки и анализа. Для каждого нового объекта эта задача решается индивидуально с учетом ключевых его особенностей, условий эксплуатации и желаемого эффекта (на объекте можно просто собирать данные и анализировать вручную, можно фиксировать тренды в изменениях контролируемых параметров, можно использовать методы интеллектуального анализа данных для прогнозирования и оценки оста-

точного ресурса и т.д.). Технические средства, позволяющие получать цифровую картину и оценивать состояние объекта, выделены в целый класс систем — систем мониторинга инженерных конструкций (СМИК), и более сложных систем с более широкими возможностями — систем мониторинга инженерных сооружений (СМИС) [1]. Далее будем называть их коротко «системами мониторинга». Они уже сейчас предусматриваются и эксплуатируются на всех крупных технических сооружениях, например, на Транспортном переходе через



Рисунок 2. Вид с пилона на мостовое сооружение через реку Обь в районе Сургута

Керченский пролив (Крымский мост), на мосту через пролив Босфор Восточный в г. Владивосток (Русский мост), на мостовых и уникальных технических сооружениях в Санкт-Петербурге [2–4]. В данной статье описывается установленная и запущенная в июне 2021 года в эксплуатацию современная система мониторинга инженерных сооружений на уникальном техническом сооружении — вантовом автодорожном мосту через реку Обь в районе г. Сургут (Югорский мост).

Югорский мост открыт 16 сентября 2000 года и является одним из самых длинных мостов в Сибири (рисунок 1 и рисунок 2). Его длина составляет 2110 м (с подходами общая длина — 15 км). Длина центрального вантового пролета составляет 408 м и поддерживается пилоном высотой около 150 м. Это самый длинный в мире центральный пролет, удерживаемый одним пилоном. Сам же мостовой переход смонтирован на 13 опорах и двух устоях и предназначен для пропуска автомобильного транспорта шириной 2 полосы. До строительства моста автомобильная связь Сургута и других промышленных районов Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов, отрезанных Обью от южных регионов, осуществлялась с использованием паромной переправы летом и ледовой переправы зимой.



Рисунок 3. Размещение тензометров и акселерометров внутри пролетного строения



Рисунок 4. Размещение инклинометров в шкафах укрытия



Рисунок 5. Расположение метеостанции на мачте освещения



Рисунок 6. Размещение датчиков линейных перемещений

Проект СМИК разработан АО «Институт Гипростроймост-Санкт-Петербург» и включает в себя следующее оборудование:

Подсистема сбора данных:

- ◆ Акселерометры: 38 шт. установлены на вантах, 28 шт. внутри пролетных строений и 4 шт. внутри пилона

в шкафах укрытия (всего 70 шт.);

- ◆ Тензометры: установлены внутри пилона и пролетных строений в шкафах укрытия (всего 52 шт.);
- ◆ Датчики температуры: установлены в верхней части пилона и внутри вантового пролетного строения в шкафах укрытия (всего 3 шт.);

- ◆ Инклинометры: 13 шт. смонтированы на ригелях железобетонных опор и 4 шт. расположены в пилоне по верховой и низовой стороне (всего 17 шт.);
- ◆ Датчики линейных перемещений: 2 шт. на ригеле 6-й опоры для измерения перемещений вантового пролетного строения и типового пролетного строения) и 1 шт. на устое № 19;
- ◆ Метеостанция WXT536: 1 шт. в районе средней части вантового пролетного строения на мачте освещения по низовой стороне;

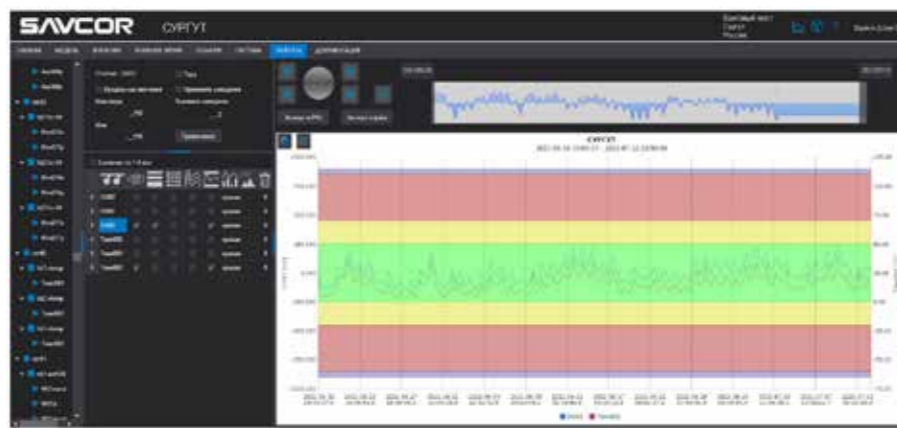


Рисунок 7. Скриншот АРМа системы мониторинга

Оборудование концентрации и централизации данных:

- ◆ Локальные станции сбора данных (АUX);
- ◆ Автоматизированное рабочее место (АРМ): расположено в здании весового контроля со стороны Сургута.

Необходимо отметить, что в системе мониторинга датчики температуры, инклинометры и акселерометры использованы отечественного производителя. Это 90 датчиков из 145, что составляет около 62% от объема приборов.

Строительно-монтажные и пу-сконаладоочные работы выполнены специалистами ООО НТЦ «Комплексные системы мониторинга», имеющими богатый опыт разработки, проектирования, строительства и эксплуатации систем мониторинга. На рисунках 3–6 изображены основные периферийные средства системы мониторинга. Последующая эксплуатация системы, ее обслуживание и совершенствование будут осуществляться также с привлечением специалистов компании.

Система структурно построена таким образом, что данные со всех датчиков и метеостанции поступают на локальные станции, а затем — в основной шкаф сбора данных АUX 1 (P100), из которого уже передаются на АРМ оператора. В качестве верхней программной оболочки в системе мониторинга использованы программные средства зарекомендовавшей себя системы SAVCOR (Финляндия),

адаптированной к использованию на территории РФ. На рисунке 7 приведен скриншот с АРМа на объекте мониторинга с выведенными графиками изменения температуры и перемещений пролетного строения, показывающими их зависимость. Эксплуатация системы мониторинга позволяет накапливать большой объем полезной диагностической информации в течение длительного времени, осуществлять ее обработку и комплексный интеллектуальный анализ [5, 6], что позволяет на практике прогнозировать раннее развитие дефектов, формировать дорожные карты по обслуживанию мостово-

го перехода, фиксировать нарушения движения, предупреждать оперативный персонал о возникновении чрезвычайных ситуаций. Фактически, установленная система мониторинга является источником большого объема данных, которые, при соответствующей настройке и создании «оживляемой», например, методами конечно-элементного анализа [7], копии мостового сооружения, позволяют проводить моделирование его работы в текущий момент времени, определять источники воздействий и выработать рекомендации по техническому обслуживанию и эксплуатации объекта мониторинга. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. E. Andersen and A. Vesterinen "Structural Health Monitoring Systems". Denmark, COWI A/S, 2006, 125 p.
2. A. A. Belyi, E. S. Karapetov and Yu. I. Efimenko "Structural Health and Geotechnical Monitoring During Transport Objects Construction and Maintenance (Saint-Petersburg Example)", Procedia Engineering, 2017, Vol. 189, pp. 145–151, doi: 10.1016/j.proeng.2017.05.024.
3. Осадчий Г. В., Белый А. А., Ефанов Д. В., Шестовицкий Д. А. Мониторинг технического состояния раздвижной крыши стадиона «Санкт-Петербург Арена» // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2018. — № 6. — С. 10–24. — DOI: 10.18720/CUBS.69.2.
4. Ефанов Д. В., Мясин В. Н., Осадчий Г. В., Зуева М. В. Выбор способа фильтрации диагностических данных в системах непрерывного мониторинга объектов транспортной инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации. — 2020. — № 2. — С. 35–40.
5. S. A. Sokolov, D. G. Plotnikov, A. A. Grachev and V. A. Lebedev "Evaluation of Loads Applied on Engineering Structures Based on Structural Health Monitoring", International Review of Mechanical Engineering (IREME), 2020, Vol. 14, No. 2, pp. 146–150.
6. D. L. Sun, Z. Shang, Y. Xia, S. Bhowmick, S. Nagarajaiah "Review of Bridge Structural Health Monitoring Aided by Big Data and Artificial Intelligence: From Condition Assessment to Damage Detection", Journal of Structural Engineering, 2020, 146(5): 04020073. — DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002535.
7. Грачев А. А., Никитин Г. И., Плотников Д. Г., Баните А. В., Бортыков Д. Е., Габриель А. С. Автоматизация расчета локальных напряжений в элементах коробчатого сечения пролетных строений с ездовыми балками по данным непрерывного мониторинга // Автоматика на транспорте. — 2021. — Т. 7. — № 2. — С. 216–230.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ в нерудной отрасли

18 мая 2021 года на рынке нерудных материалов начал работу первый в отрасли маркетплейс «Нерудный агрегатор». Основная цель, которую ставили перед новым Сервисом его разработчики, — сделать рынок щебня и песка прозрачным и доступным за счет современных технологий и четкого понимания основных проблем рынка. Для того, чтобы понять, в чем уникальность нового Сервиса, необходимо иметь представление об особенностях рынка нерудных материалов.

А. В. Маловичко, генеральный директор АО «Нерудный агрегатор», основатель проекта «Нерудный агрегатор»



Рынок нерудных материалов и его основной продукции, щебня и песка, характеризуется высокой конкуренцией и большим количеством игроков на рынке, расположением месторождений высокопрочного камня, находящихся в значительном отдалении от основных рынков потребления, сезонным дефицитом железнодорожных вагонов, практикой отсрочки платежей, а также засилием трейдинговых компаний, оказывающих посреднические услуги. Главной задачей, которую решает отраслевой маркетплейс «Нерудный агрегатор» (www.brokenstone.market), является информационная. Отсутствие возможности для потребителей оперативно иметь необходимую и актуальную информацию о быстро меняющихся рыночных тенденциях значительно затрудняет эффективность закупок продукции. Алгоритмы Сервиса позволят компаниям, закупающим нерудные материалы, ориентироваться в быстро меняющихся условиях.

Цифровые технологии «Нерудного агрегатора» помогают:

- ◆ Получить за считанные секунды цены с доставкой на требуемую продукцию на условиях ж/д доставки, автодоставки и самовывоза. Условия сотрудничества производителей с маркетплейсом предполагают размещение на сервисе только продукции, имеющейся в наличии. Таким образом, вся продукция, размещенная на «Нерудном агрегаторе», всегда есть в наличии и нет необходимости звонить и выяснять это.

- ◆ Получить самые выгодные предложения на нерудные материалы за счет анализа алгоритмом Сервиса условий и стоимости доставки продукции в различные регионы. Частые изменения коммерческих условий железнодорожной перевозки, большое количество поставщиков подвижного состава делают невозможным получение актуальной и достоверной информации о стоимости транспортировки щебня. «Нерудный агрегатор» собирает, анализирует условия доставки по ж/д и авто операторов и предлагает потребителям самые выгодные условия. Так, например, в результате значительного роста в 2021 году ставок операторов железнодорожного сообщения и анализа маркетплейсом его тарифов стала возможной замена традиционных поставщиков нерудных материалов Южного Урала в ПФО на поставщиков с ЮФО и Северного Урала.

- ◆ Предоставлять производителям нерудных материалов, испытывающим дефицит в подвижном составе, дополнительные вагоны для доставки продукции потребителям, тем самым закрывая потребности в щебне у многих предприятий за счет сотрудничества маркетплейса «Нерудный агрегатор» с платформой «Цифровая логистика».
- ◆ Получать потребителям нерудных материалов специальные и выгодные условия для покупки щебня и песка на условиях отсрочки платежа благодаря вза-

имодействию Сервиса с флагманом финансового рынка страны «Альфа-Банк». За счет цифрового взаимодействия с банком коммерческие условия отсрочки платежа стали прозрачными, тем самым существенно снизив закупочные цены, а алгоритм «Нерудного агрегатора» сократил время приобретения продукции до минимального.

- ◆ Изменить сложившиеся на рынке коммерческие отношения между поставщиком и потребителем, тем самым сделав рынок для всех его участников более прозрачным, удобным и доступным за счет полностью прозрачного ценообразования, исключения человеческого фактора и неэффективных транзакций, минимальной комиссии, которая исключается из ценообразования производителя за счет алгоритмов маркетплейса.

- ◆ Всем участникам рынка, а также контролирующим органам, иметь реальное представление о рыночных тенденциях, ценах реализации и приобретения, а также логистических и финансовых условиях в любой момент времени благодаря архиву имеющихся и постоянно обновляющихся данных.

В ближайшее время в планах «Нерудного агрегатора» — за счет цифровых технологий внедрить на рынок еще ряд дополнительных и полезных сервисов, которые помогут осуществлять свою деятельность более эффективно и выгодно всем участникам рынка. ■