

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

В.В. Казаков, В.И. Толкачев, С.Н. Бондаренко  
*КТУ электроприборов ОАО «Минский часовой завод», Факультет транспортных  
коммуникаций БНТУ, [bosn@mail.ru](mailto:bosn@mail.ru)*

В данном сообщении представлены возможности использования интеллектуальных систем для дистанционного мониторинга и диагностики технического состояния, а также для управления и оптимизации режимов эксплуатации автомобильных дорог и элементов инфраструктуры дорожной сети в Республике Беларусь.

При проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог одним из наиболее важных свойств этих сложных объектов общегосударственного производственно-технического назначения является обеспечение их надежности, безопасности и долговечности, а также возможность их своевременного восстановления после потери важнейших эксплуатационных показателей.

Эти составляющие качества дорожной строительной продукции обеспечиваются в современной мировой практике широким внедрением в транспортную отрасль прогрессивных интеллектуальных систем контроля состояния объектов в процессе строительства и последующей эксплуатации сооружений дорожной сети. К таким интеллектуальным системам можно отнести системы функциональной диагностики, а также системы технической диагностики и мониторинга состояния объектов дорожной инфраструктуры в процессе их технической эксплуатации.

В мировой практике дорожной отрасли уже не одно десятилетие разрабатываются и успешно внедряются автоматизированные системы мониторинга и управления работой всех видов транспорта, мониторинга состояния элементов дорог и дорожной инфраструктуры, системы оповещения и информирования участников дорожного движения о текущей ситуации на дорогах, а также информации об организации транспортного обслуживания. Задачи управления дорожным движением и оптимизации функционирования дорожной сети и соответствующей инфраструктуры в целом решаются с помощью комплекса автоматизированных интеллектуальных систем. Подобные системы получили название «Интеллектуальные транспортные системы» (ИТС) (Intelligent Transportation Systems - ITS), или «Системы транспортной телематики». Термин «телематика» - это производное от слов «телекоммуникации» и «информатика». Соответственно, понятие «транспортная телематика» охватывает область использования возможностей телекоммуникационных технологий и информатики при решении технологических задач на транспорте.

Потребности современной цивилизации в увеличении интенсивности объемов и качества транспортного сообщения, повышении его надежности и безопасности постоянно возрастают. При этом становится все более очевидной высокая цена, которую мировое сообщество вынуждено платить за удовлетворение этой потребности. В последние годы серьезнейшей хронической проблемой всех крупных городов в развитых странах стало регулярное возникновение заторов на дорожной сети, приводящее к потерям, соизмеримым с суточным бюджетом времени жителей этих городов, который в свете современных экономических теорий является весьма дорогим ресурсом.

Для всех крупных городов в индустриально развитых странах характерны одинаковые проблемы, связанные с автомобилизацией. Это - загрязнение окружающей среды, избыточный шум, транспортные заторы, психологический дискомфорт и др. Крупные города Республики Беларусь не являются исключением по наличию упомянутых проблем. Эти пробле-

мы особенно рельефно прорисовываются в столице - городе с более чем двухмиллионным населением, который обладает рядом особенностей, обусловленных спецификой его застройки.

В соответствии с разработанной стратегией развития транспортной структуры столицы предусмотрены и реализуются мероприятия по строительству новых и реконструкции существующих автомобильных дорог, в частности, реконструкции перегруженных движением участков дорог, по строительству и реконструкции обходов, пересечений автомобильных дорог и магистральных железных дорог в разных уровнях, другие аналогичные мероприятия. Однако реальное и рациональное разрешение упомянутых проблем крупных городов не может быть обеспечено без широкого внедрения новейших телематических систем управления транспортными потоками, мониторинга в режиме реального времени состояния элементов дорог и дорожной инфраструктуры, контроля за состоянием атмосферного воздуха. Особый интерес в последнее десятилетие вызывает разработка и внедрение датчиков и контрольно-измерительных приборов, которые позволяют отслеживать уровень вредных выбросов в атмосферу, состояние дорожного полотна и элементов дорожной инфраструктуры, и их использование в режиме реального времени.

Отдельные задачи, которые должны быть решены в рамках обозначенной проблемы это:

- разработка и внедрение в составе систем управления датчиков и контрольно-измерительных приборов, которые позволяют отслеживать состояние автомобильных дорог и потоки движения на них, состояние транспортных сооружений и элементов дорожной инфраструктуры в режиме реального времени;
- создание технических средств организации безопасного дорожного движения;
- разработка технических средств и комплексов организации безопасной перевозки грузов;
- разработка и установка аппаратуры дистанционного контроля деформаций и смещений элементов объектов дорожной инфраструктуры в зонах повышенной опасности и риска возникновения чрезвычайных ситуаций: дороги, дамбы, мосты, плотины, тоннели, развязки, здания и другие элементы дорожной инфраструктуры;
- прогноз возникновения оползней и контроль их перемещения в (зоне дорожного полотна)
- контроль уровня грунтовых и поверхностных вод в зонах, прилегающих к дорожному полотну для прогнозирования и предупреждения аварийных ситуаций
- отслеживание (контроль) перемещений селевых потоков, снежных, ледяных и водных масс
- другие актуальные задачи.

Один из ключевых принципов создания телематических систем связан с совместным и согласованным решением трех ключевых задач – технической диагностики, прогнозирования и оперативного управления. Эти задачи находятся в системном единстве и взаимодействуют друг с другом, хотя и имеют относительную автономность. К примеру, функция диагностики на основе сбора и обработки оперативных данных решает задачу обнаружения места и определения причины отклонений или нарушений по совокупности диагностических параметров (или показателей), а также обеспечивает выдачу рекомендаций по их устранению. Система также обеспечивает возможность использования математических методов для эффективной диагностики и оптимизации процесса управления режимом эксплуатации, при этом эффективная эксплуатационная надежность достигается наиболее прогрессивными стратегиями технической эксплуатации объектов "по состоянию" (стратегии функциональной диагностики с контролем уровня надежности) или с контролем технического состояния (стратегии технического мониторинга). Для успешного функционирования системы необходимы системы технической диагностики и системы технического мониторинга соответственно.

Система мониторинга смещений элементов объектов строительства и технической эксплуатации потенциально опасных сооружений, таких как высотные или протяжённые здания, мосты, башни, эстакады, плотины, дамбы и др., которая, имеет большое значение для своевременного получения информации о пространственных смещениях частей ответственных сооружений относительно проектного положения. Такая система является одной из разработанных в Республике Беларусь и успешно освоенных телематических систем.

В рамках разработки системы был разработан комплекс мониторинга смещений элементов потенциально опасных объектов и сооружений при строительстве и их технической эксплуатации; таких как высотные или протяжённые здания, мосты, башни, эстакады, плотины, дамбы и др. Большое значение придавалось своевременному получению информации о пространственных смещениях их частей относительно проектного положения. Использование для этих целей автоматизированных систем непрерывного мониторинга смещений обеспечивает возможности своевременно принять меры к недопущению аварий и катастроф техногенного характера, а в случае их неизбежности – заблаговременно принять меры к ограничению их негативных последствий.

Комплекс мониторинга смещений состоит из:

- опорного приёмника сигналов глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, антенна которого закреплена на заведомо неподвижном основании вне контролируемого объекта (Рисунок 1);
- акселерометров и датчиков давления/температуры, формирующих в режиме реального времени информацию о состоянии элементов конструкций контролируемого сооружения;
- каналов связи для обмена информацией между составными частями аппаратуры (Рисунок 2);
- интерфейса передачи данных в сервер центра мониторинга;
- процессорно - коммутационного блока;
- сервера (Рисунок 3);
- удалённых рабочих мест (Рисунок 3).

Комплекс мониторинга смещений и пространственных деформаций обеспечивает:

- автоматический запуск оборудования после подачи электропитания;
- дистанционное управление режимами работы аппаратуры комплекса;
- длительный период непрерывной работы;
- определение в реальном масштабе времени параметров положения, движения, колебаний (трёхмерных смещений) контрольных точек объекта мониторинга с целью заблаговременного выявления длительных разрушений;
- среднеквадратическое отклонение (СКО) определения величин деформаций и смещений не хуже 2 мм в плане и 3 мм по высоте при расстоянии между контролируемыми точками до 3000 м;
- автоматическое формирование сообщений о превышении объектом мониторинга заданных условий функционирования;
- выявление на ранней стадии эксплуатации объекта мониторинга ошибок в расчётах допустимых нагрузок на элементы конструкции, вызывающих длительные деформации и смещения, приводящие к авариям;
- передачу результатов измерений и обработки в сервер аппаратно-программного комплекса центра мониторинга;
- возможность мониторинга объекта с удалённого рабочего места в интерактивном или автоматическом режиме;
- хранение и анализ данных мониторинга за любой период эксплуатации объекта (Рисунок 4);

- автоматическое формирование отчётных форм;
- жесткие требования к условиям эксплуатации;
- низкий уровень ложных тревог сигнализации о превышении объектом мониторинга заданных условий функционирования (Рисунок 5);
- независимость от действующих в регионе систем спутниковой геодезии.

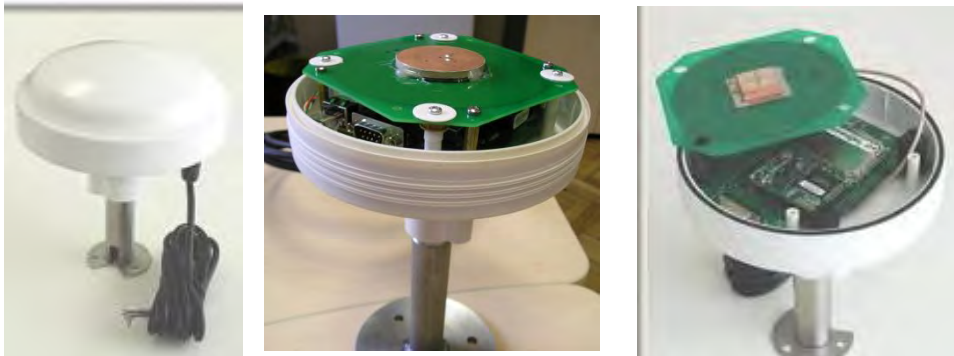


Рисунок 1. Антенны, размещаемые на базовой станции и в контролируемых точках



Рисунок 2. Аппаратура передачи данных по беспроводным каналам связи.

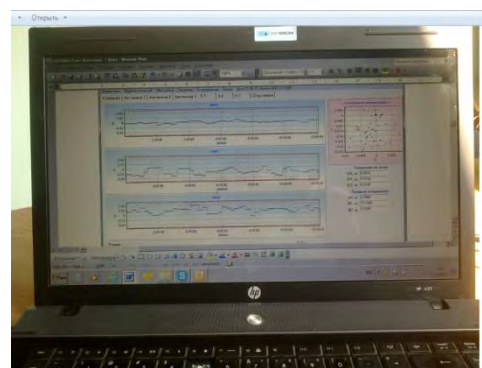


Рисунок 3. Сервер. Удалённое рабочее место.

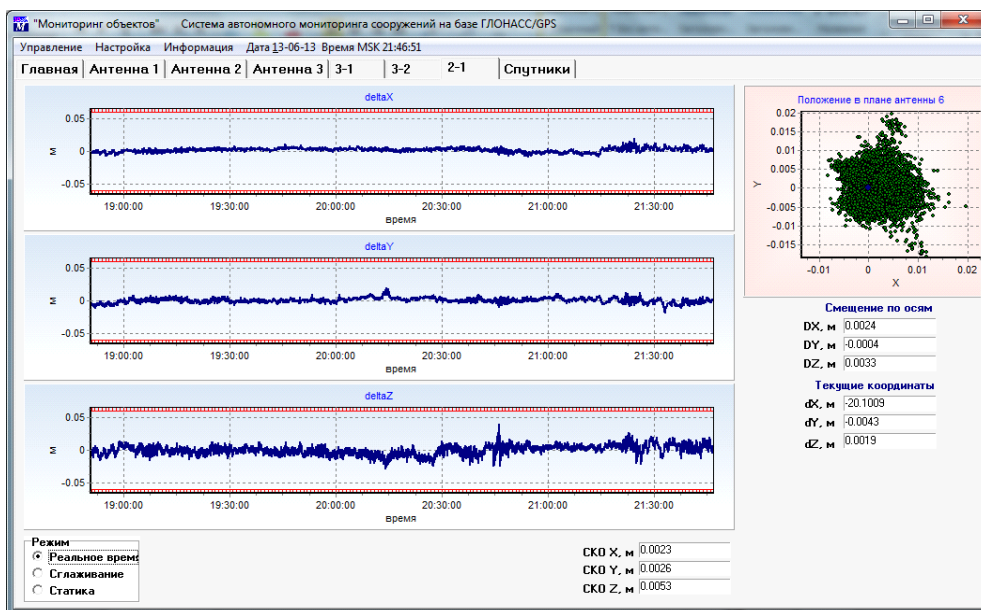


Рисунок 4. Отображение деформаций и смещений в контрольных точках.

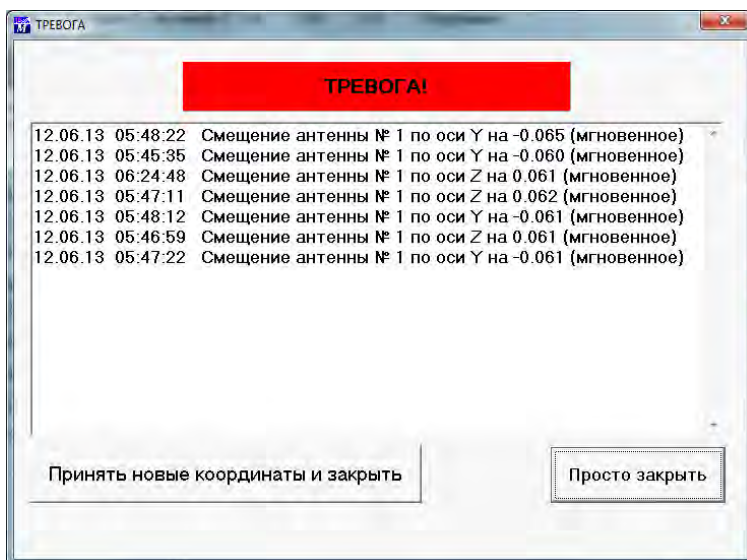


Рисунок 5. Тревожное сообщение о превышении допустимых параметров (сопровождается звуковой сиреной).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жанказиев, С.В. Телематика на автомобильном транспорте / В.М. Власов, С.В. Жанказиев, А.Б. Николаев, В.М. Приходько. – М.: МАДИ, 2003. – 173 с.
2. Власов, В.М. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов, А.Б. Николаев, А.В. Постолиит, В.М. Приходько. - М.: Наука, 2006. - 288 с.
3. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог. В 2 т.: учебник для студентов высших учебных заведений / А.П. Васильев. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 320 с.
4. Власов, В.М. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе / В.М. Власов, В.М. Приходько, С.В. Жанказиев, А.М. Иванов. - М.: МАДИ. – М.: ООО «МЭЙ-ЛЕР», 2011. – 487 с.