

С. М. Клибашев, нач. группы сетевого анализа РУП «Белдорцентр»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS- И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Use of equipment GPS and GIS - technologies in system of diagnostics of roads is described in the article are offered.

В настоящее время в условиях экономической стабилизации задача рационального и направленного распределения денежных средств становится весьма актуальной.

Для этих целей применяют системы управления состоянием дорог. Важным звеном в такой системе является диагностика автомобильных дорог.

Диагностика – это научно и практически обоснованная система оценки технического и эксплуатационного состояния автомобильной дороги с целью принятия управленческих решений.

Диагностирование состояния дороги осуществляется аппаратными или программными средствами. Определение технического состояния автомобильной дороги или ее участка в рассматриваемый период времени выполняется в процессе диагностирования состояния с использованием инструментов, приборов, различного рода установок и передвижных лабораторий.

Основными диагностическими характеристиками дорог являются: прочность дорожной одежды; индекс неровности покрытия; шероховатость поверхности покрытия; сцепные качества покрытия; дефектность покрытия и др. Все они имеют линейную геометрическую привязку на автомобильной дороге, т. е. местоположение в километрах относительно начала дороги, и соответственно, с учетом местоположения километровых знаков.

Однако, как показывает практика, реальное местоположение километровых знаков зачастую не соответствует требуемому. Это влечет за собой неверную привязку диагностических характеристик на автомобильной дороге и погрешность при дальнейшем их анализе в системе прогнозирования технического состояния, которое будет у автомобильной дороги по истечении определенного периода времени, а также выяснения первопричин возникновения тех или иных дефектов при системном анализе. Невозможно также точно оценить принятые ранее проектные решения, установить недостатки, которые были допущены при строительстве, запланировать оптимальные пути совершенствования технологии содержания и ремонта, выбрать наиболее экономичные методы управления эксплуатацией автомобильных дорог. Все это, в свою очередь, не способствует повышению безопасности при эксплуатации автомобильных дорог.

По этим причинам одной из главных задач в диагностике автомобильных дорог для работы системы являются точные данные о местоположении (объектов, характеристик, параметров и др.). Местоположение определяется в различных системах отсчета на автомобильных дорогах. Уточнение системы отсчета выполняют при помощи высокоточной, производительной аппаратуры глобального космического позиционирования GPS.

GPS (Global Positioning System) – спутниковая навигационная система. Она работает на двух частотах: 1575,42 МГц (L1) и 1227,6 МГц (L2) с использованием псевдослучайной широкополосной модуляции и кодового разделения каналов. Система обеспечивает два уровня навигационной точности: прецизионный (PPS) и стандартный (SPS). PPS (P-код) предоставляется только авторизованным потребителям и обеспечивает повышенный уровень точности и защиту от преднамеренных помех. PPS использует обе частоты L1 и L2. Доступ к PPS контролируется криптографическими методами (Y-код). Гражданским потребителям предоставляется доступ к SPS на частоте L1. До 2 мая 2000 г. в GPS использовался так называемый «режим селективного доступа» SA (Selective Availability), заключающийся в преднамеренном ухудшении точности сигнала, предоставляемого гражданским потребителям. В качестве системы отсчета эфемерид в GPS используется геодезическая система координат WGS-84.

Благодаря снятию преднамеренного ухудшения точности сигнала, предоставляемого гражданским потребителям, и проведению измерений несколькими приемниками одновременно, их взаимное положение может определяться с поразительной точностью до нескольких миллиметров как в плане, так и по высоте. Поэтому выделяется геодезический класс GPS оборудования.

Использование геодезического GPS оборудования для уточнения географического местоположения, а также линейных характеристик автомобильных дорог позволяет не только с большей точностью привязывать диагностические характеристики, но и при дальнейшем анализе определять радиусы кривых, переходных кривых, как вертикальных, так и горизонтальных, длин прямых вставок, а также участки с недостаточной вертикальной видимостью. Уточненные данные географического местопо-

ложения автомобильных дорог служат для создания более актуальной ГИС основы автомобильных дорог. Концепция построения технологии такова, что на создаваемую единой основой в дальнейшем может быть нанесена любая информация координатная и атрибутивная вне зависимости от вида, технологических и технических средств, с помощью которых она была собрана. Изменение самой основы может потребоваться только при изменении местоположения оси линейного объекта.

Геоинформационная система (ГИС) – это современная компьютерная технология представления географически привязанных данных в виде электронных карт, позволяющая производить с ними разнообразные аналитические операции. Иными словами, эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими, как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и пространственного анализа, которая предоставляет электронная карта.

На данном этапе в Республике Беларусь на базе РУП «Белдорцентр» создана и ведется ГИС совместно с банком дорожных данных по сети республиканских автомобильных дорог. Основа для ГИС обновляется на основе данных, полученных измерительной лабораторией для координирования осей автомобильных дорог (рис. 1).

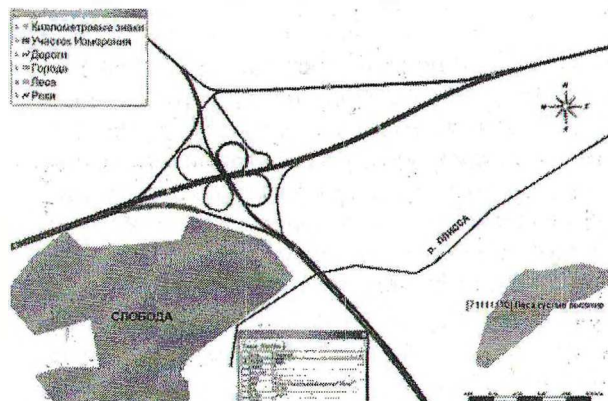


Рис. 1. ГИС-проект сети республиканских автомобильных дорог на участке пересечения а/д Минск – Национальный аэропорт «Минск» и Слобода – Новосады

Измерительная лаборатория базируется на автомобиле Фольксваген-каравелла, в качестве геодезического GPS-оборудования используются двухчастотные спутниковые приемники Trimble с контроллером-накопителем и полевым компьютером с соответствующим программным обеспечением для накопления данных, постобработки и сбора атрибутивной информации (рис. 2).

Суть технологии, которая используется при выполнении полевых топографо-геодезических

работ по наполнению ГИС республиканских автомобильных дорог, заключается в непрерывном координировании оси дороги при движении по ней автомобиля с измерительным комплексом (подвижный приемник) совместно с базовой станцией, установленной на точке с известными координатами.



Рис. 2. Измерительная GPS лаборатория на автомобиле Фольксваген-каравелла

При необходимости детального обследования участка автомобильной дороги или при переносе реперной отметки есть возможность установить оборудование на вешку или штатив (рис. 3). Все измерения производятся в геодезической системе координат WGS-84.

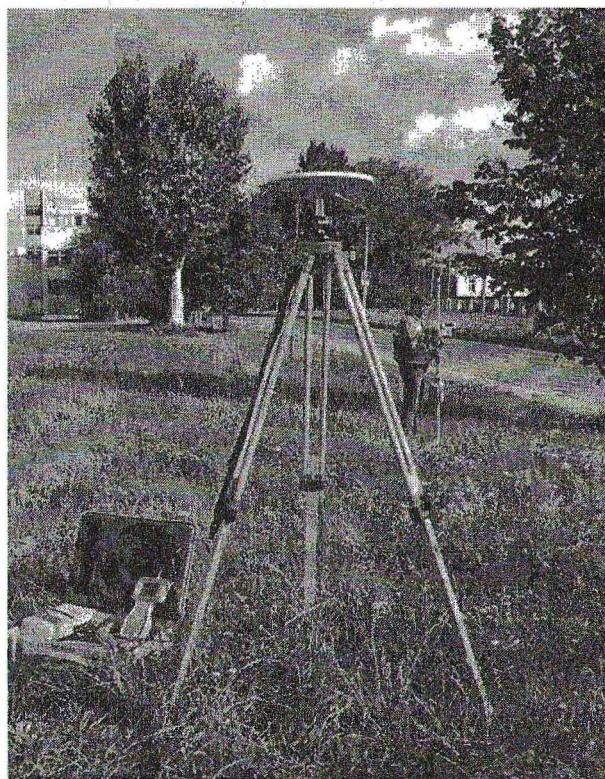


Рис. 3. GPS оборудование при детальном измерении

Существует несколько режимов работы, в зависимости от которых пользователь может

получить ту или иную точность измерения. При измерении в кинематическом режиме точность координат определяется до 1 см, что достаточно для решения большинства задач увязки местоположения измеренных данных по диагностике автомобильных дорог. При этом режиме измерения достигается оптимальное соотношение качества и производительности.

При измерении в статическом режиме точность координат определяется до 5 мм, что позволяет с высокой точностью определить высотное или плановое положение исследуемого объекта, а также дает возможность переносить реперные отметки на существующие пункты государственной геодезической сети (ГГС) в геодезической системе координат WGS-84.

Выполняемая работа состоит из нескольких типов: планирование, измерение и постобработка.

На этапе планирования измерительных работ определяются: объем работ, местоположение базовых станций, маршруты (схемы) движения подвижного приемника, а также временной интервал измерений для обеспечения высокой точности измерений.

Измерения в основном производятся в кинематическом режиме как в прямом, так и обратном направлении по оси полосы движения. Базовая станция на момент измерения находится на пункте ГГС с известными координатами в географической системе координат WGS-84, при этом обеспечивается максимальное удаление подвижного приемника от базовой станции на расстояние не более 20 км, что обусловлено точностью измерений. Измерения в статическом режиме производят для переноса реперных отметок на существующие пункты ГГС в геодезической системе координат WGS-84 сгущая, таким образом, сеть ГГС в данной системе координат.

В процессе работы на измерительной GPS лаборатории выявлены как достоинства, так и недостатки этой технологии, поэтому были разработаны усовершенствованные методики измерений.

После окончания измерений инженер получает план, продольный профиль оси дороги (полосы) в виде линейного объекта-слоя, групп точечных объектов-слоев и связанных с ними таблиц, готовых к размещению в банке дорожных данных и ГИС, и также трехмерную цифровую модель оси дороги (рис. 4).

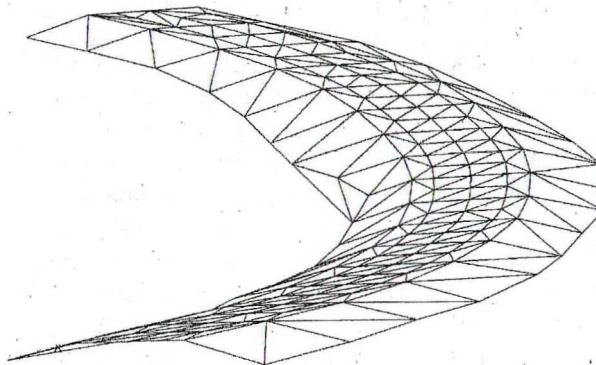


Рис. 4. Цифровая модель правоповоротного съезда

Дальнейший анализ данных при помощи программного обеспечения позволяет определить радиусы кривых, переходных кривых, прямых вставок, как вертикальных, так и горизонтальных, а также установить участки с недостаточной вертикальной видимостью.

ГИС-технология обладает уникальной способностью выявлять скрытые взаимосвязи и тенденции, которые трудно заметить, используя привычные системы анализа:

- позволяет установить факт взаимосвязи двух или нескольких объектов;
- дает возможность выявить неочевидные связи, скрытые в большом массиве информации;
- позволяет исследовать окружение объекта.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что ГИС и GPS в самое ближайшее время станут частью инструментальных средств инженера.

MODAL SOLUTION

STEP=1
SUB = 1
TIME=1
ROTX (AVG)
RSTB=0
DMX = .014153
SMN = -.593E-03
SMX = .009615
U
F
ACEL

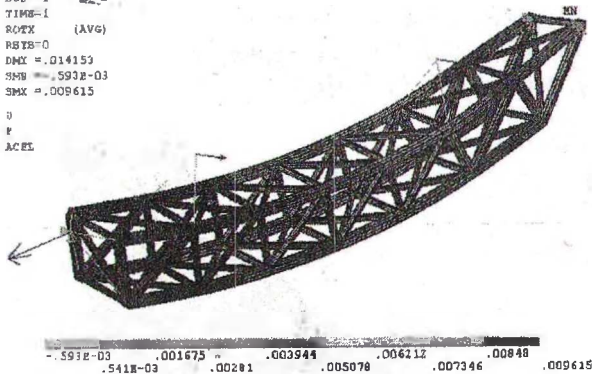


Рис. 4. Проворачивание элементов конструкции относительно вертикальной плоскости под воздействием поперечных сил

На рис. 5 представлены диаграмма изгибающих моментов в элементах проектируемой конструкции под воздействием заданных продольных, поперечных и вертикальных нагрузок.

LIVE STRESS

STEP=1
SUB = 1
TIME=1
SMI31 SMI314
MIN = -106108
ELEM=235
MAX = 153771
ELEM=325
U
ACEL

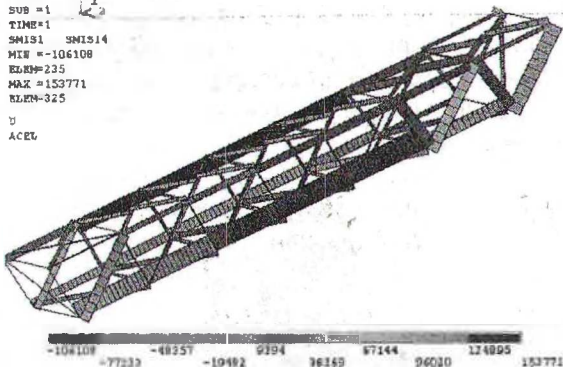


Рис. 5. Диаграмма изгибающих моментов

Важной является также задача анализа работы сварных соединений элементов рамы. Конечно-элементная модель наиболее нагруженного узла рамы и напряжения в нем представлены на рис. 6.

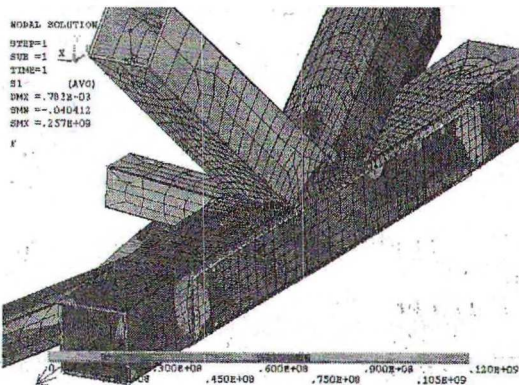


Рис. 6. Конечно-элементная модель и распределение напряжений в наиболее нагруженном узле рамы

Для проведения динамического анализа разработана конечно-элементная модель, представленная на рис. 7.

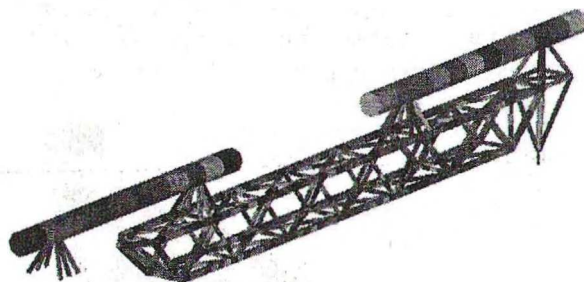


Рис. 7. Конечно-элементная модель для проведения динамического анализа

На рис. 8 приведен график исследований динамической нагруженности рамы при преодолении смоделированного препятствия высотой 0,4 м.

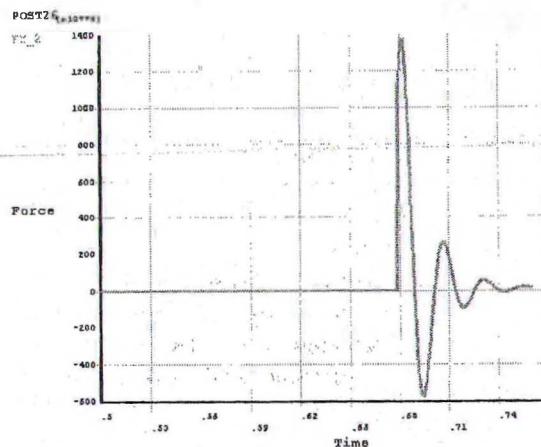


Рис. 8. Динамические колебания рамы при преодолении препятствия 0,4 м

Таким образом, системы КЭ анализа позволяют выполнять расчеты прочности элементов конструкций, определять собственные частоты и формы колебаний узлов, оценивать напряженно-деформированное состояние модели при движении по виртуальной дороге. Это значительно снижает срок проектирования новых машин и конструкций.

Литература

1. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. Ansys в руках инженера: Практическое руководство. – М.: Едитореал УРСС, 2003. – 272 с.
2. Морозов Е. М., Никишков Г. П. Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 256 с.
3. Метод конечных элементов в статике сооружений / Я. Шмельтер, М. Дацко, С. Добровичинский, М. Вечорек; Пер. с пол. М. В. Предтеченского; Под ред. В.Н. Сидорова. – М.: Стройиздат, 1986. – 220 с.