

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПАРКА «ЗАРЯДЬЕ»

С.Г. Гаврилов (ГБУ «Мосгоргеотрест»)

В 1982 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал на кафедре прикладной геодезии МИИГАиК, с 1996 г. — в ЦПГ «Терра Спейс». С 1999 г. работает в ГБУ «Мосгоргеотрест», в настоящее время — начальник отдела основных геодезических работ. Кандидат технических наук, доцент.

К.В. Шаров (ГБУ «Мосгоргеотрест»)

В 2002 г. окончил геодезический факультет Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) по специальности «прикладная геодезия». С 2001 г. работает в ГБУ «Мосгоргеотрест», в настоящее время — начальник сектора эксплуатации измерительных систем отдела основных геодезических работ.

Т.В. Трубицын (ГБУ «Мосгоргеотрест»)

В 2010 г. окончил факультет прикладной космонавтики и фотограмметрии Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) по специальности «информационные системы». С 2013 г. работает в ГБУ «Мосгоргеотрест», в настоящее время — инженер I категории по эксплуатации измерительных систем отдела основных геодезических работ.

▼ Назначение и основные функции системы геодезического мониторинга деформаций на объекте

Задача контроля деформаций объектов капитального строительства или земной поверхности геодезическими методами известна давно. С целью своевременного выявления возможных недопустимых деформаций объекта и предотвращения аварийных ситуаций требуется периодически измерять и анализировать текущие незначительные по абсолютным величинам изменения пространственного положения объекта в критических для его стабильности местах [1].

На любом строящемся или вновь построенном объекте должны выявляться, как минимум, деформации в виде перемещения сооружения в вертикальной плоскости относительно исходного (начального положения). Вновь построенное

массивное сооружение оказывает постоянное давление на поверхность земли, которое отсутствовало до его возведения. В результате грунтовое основание уплотняется, а сооружение опускается, поэтому величину перемещения сооружения в вертикальной плоскости называют осадкой.

Если сооружение опускается равномерно, без наклона, то осадки во всех его частях будут одинаковы. При этом нормальной эксплуатации объекта ничего не угрожает при условии, что величины осадок соответствуют расчетным (или не превышают предельно допустимые).

Осадки могут превысить предельно допустимые значения. Может также оказаться, что в разных частях сооружения осадки различаются (выявлены неравномерные осадки). Это говорит о наличии не предусмотренного проектом наклона сооружения, т. е. его смещения

в горизонтальной плоскости. При этом в отдельных частях строительных конструкций возникают зоны дополнительных напряжений, которые могут привести к разрушению сооружения. В подобных случаях требуется разработка комплекса мероприятий по устранению причин появления деформаций.

При отсутствии измерительной информации о смещениях сооружения в вертикальной и горизонтальной плоскостях разработка таких мероприятий невозможна. Чем более незначительные по величине смещения требуется выявить, тем более высокие требования предъявляются к точности их измерения. В связи с этим, а также учитывая значительные размеры объектов капитального строительства, традиционно такие задачи решаются геодезическими методами.

Для постоянного контроля состояния объекта — монито-

ринга деформаций — в его критических зонах устанавливаются и надежно закрепляются контрольные точки — деформационные марки, а их пространственное положение определяют геодезическими методами.

При геодезическом мониторинге измерение пространственных координат контрольных точек называется циклом наблюдений. Количество циклов и их периодичность определяются программой (методикой) мониторинга.

В ходе математической обработки результатов выполненных измерений в каждом цикле вычисляются текущие координаты деформационных марок. Смещения деформационных марок вычисляют как разности их координат между смежными циклами наблюдений и начальным (нулевым) циклом. На основании анализа смещений, их сравнения с предельно допустимыми значениями, для каждого типа объекта делается вывод о возможности его дальнейшей безаварийной эксплуатации или о необходимости принятия мер для устранения причин сверхнормативных деформаций.

Совершенствование средств и методов геодезических измерений привело к появлению оборудования и программных средств, специально предназначенных для создания автоматизированных систем мониторинга деформаций. Средства измерений (или датчики) систем автоматизированного мониторинга обладают функциями дистанционного управления и передачи данных, что позволяет выполнять измерения без участия человека непосредственно на объекте мониторинга. В связи с этим, к средствам измерений предъявляются повышенные требования в части надежности. Датчики стационарно монтируются на объекте мониторинга, подключаются к сети электропитания и к серверу управления. Специальная компьютерная программа, установленная на сервере, управляет работой датчиков и сохраняет результаты их измерений с заданной периодичностью. Персоналу оператора системы мониторинга деформаций или эксплуатирующей организации предоставляется доступ к серверу для контроля функционирования

системы и анализа результатов измерений.

► **Функции и структура системы дистанционного геодезического мониторинга деформаций на объектах города Москвы**

Система дистанционного мониторинга деформационных процессов ответственных объектов капитального строительства города Москвы (СДМДП Москвы) предназначена для непрерывного, в режиме 24/7, автоматического контроля изменения геометрических параметров объектов капитального строительства, находящихся в эксплуатации. СДМДП Москвы позволяет дистанционно управлять измерением деформаций на неограниченном числе объектов. Для этого серверы управления, размещенные на объектах мониторинга, через каналы связи подключаются к пульту управления СДМДП Москвы. ГБУ «Мосгоргеотрест» является оператором данной системы геодезического мониторинга деформаций [2].

С пульта управления СДМДП Москвы, размещенного в Мосгоргеотресте, контролируется работа всех датчиков любого объекта мониторинга деформаций, подключенного к СДМДП Москвы. При необходимости можно откорректировать настройки этих датчиков или выполнить их перезагрузку. Результаты наблюдений на объектах мониторинга размещаются в единой базе данных на сервере пульта управления СДМДП Москвы. По каждому датчику вычисляются значения смещений между смежными циклами наблюдений или начальным циклом. Результаты вычислений в табличной форме и в виде графиков предоставляются зарегистрированным пользователям через личный кабинет на сайте СДМДП Москвы в сети Интернет. В случае выявления деформаций, превышающих

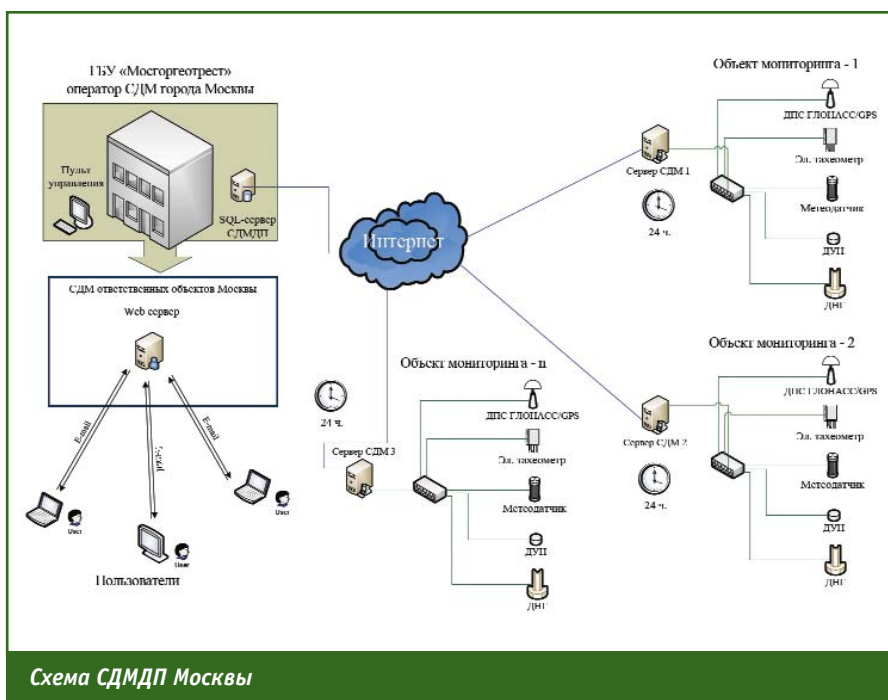
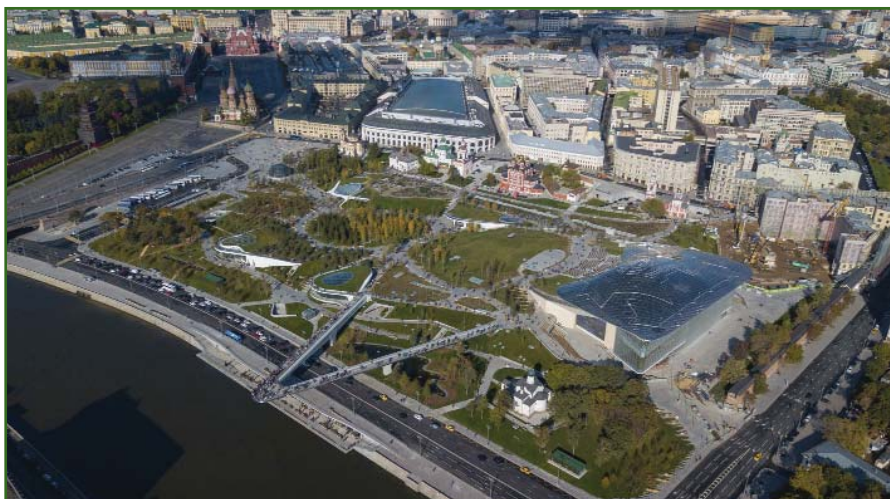


Схема СДМДП Москвы

предельно допустимые на отрезке времени в несколько часов, их значения на экране монитора выделяются желтым цветом, а если они подтверждаются продолжительное время — красным цветом. Персонал оператора СДМДП Москвы также контролирует появление предельно допустимых значений деформаций и, в случае необходимости, информирует об их наличии уполномоченных представителей эксплуатирующих организаций. Помимо этого, ежемесячно и по итогам года выпускаются сводные отчеты о результатах мониторинга, в которых обобщаются полученные за указанные отрезки времени данные. Эти отчеты также размещаются в личном кабинете пользователя.

В настоящее время к пульту управления СДМДП Москвы подключены серверы систем мониторинга деформаций следующих объектов: Дворец спорта «Мегаспорт» [3], Плотина Рублевской станции водоподготовки, Крытый конькобежный комплекс «Крылатское», Природно-ландшафтный парк «Зарядье». На этих объектах системы мониторинга деформаций включают различные геодезические средства контроля: датчики пространственных смещений ГЛОНАСС/GPS (ДПС ГЛОНАСС/GPS), датчики углов наклона (ДУН), датчики нивелирные гидростатические (ДНГ) и электронные тахеометры с дистанционным управлением. Они смонтированы в разных комбинациях. Следует отметить, что датчики пространственных смещений ГЛОНАСС/GPS используют в качестве пространственной основы данные сети дифференциальных геодезических станций СНГО Москвы.

СДМДП Москвы является современной измерительной системой, повышающей безопасность ответственных объектов города Москвы в период их эксплуатации.



Общий вид Природно-ландшафтного парка «Зарядье»

▼ Система дистанционного мониторинга деформационных процессов на объектах парка «Зарядье»

Природно-ландшафтный парк «Зарядье» (парк «Зарядье») расположен в историческом районе Москвы — Зарядье, на территории между Китайгородским проездом, улицей Варваркой и Москворецкой набережной, на месте снесенной в 2006 г. гостиницы «Россия».

Парк построен в 2014–2017 гг. по проекту архитектурского бюро Diller Scofidio + Renfro и ландшафтной мастерской Hargreaves Associates (обе компании из Нью-Йорка, США), урбанистов Citymakers из Москвы, выигравшими в 2013 г. международный конкурс на разработку ландшафтно-архитектурной концепции территории. Проект полностью финансировался из бюджета города Москвы. Управляющей компанией по реализации проекта парка «Зарядье» является АО «Мосинжпроект» [4]. Парк «Зарядье» был торжественно открыт в День города 9 сентября 2017 г. при участии Президента РФ В.В. Путина и мэра Москвы С.С. Собянина.

Парк «Зарядье» — уникальный ландшафтный парк в центре столицы общей площадью 10,2 га, в котором представлены

растения основных природно-ландшафтных зон России. Основная концепция парка — «природный урбанизм», когда в самом центре города человек попадает в реальную живую природу.

Кроме пешеходных дорожек протяженностью 8000 м, прогулочной территории с четырьмя ландшафтными зонами — лес, степь, луг и северный ландшафт, парк включает уникальную смотровую площадку «Парящий мост», многофункциональный концертный зал, открытый



Монтаж электронного тахеометра для наблюдения за деформациями консоли смотровой площадки «Парящий мост»

амфитеатр, который располагается под «Стеклянной корой», ряд тематических павильонов, кафе, ресторан, подземный паркинг. В парке сохранены исторические объекты: палаты Романовых, Старый Английский двор, Китайгородская стена, комплекс доходных домов З.М. Персиц и девять храмов-памятников федерального значения, включая церковь Зачатия Анны — один из старейших храмов Москвы.

Специалисты ГБУ «Мосгоргеотрест» принимали участие в работах на различных этапах создания парка, включая инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания для разработки проектной документации, контрольно-геодезическую съемку подземных инженерных коммуникаций и

сооружений во время строительства, исполнительную топографическую съемку, постановку на кадастровый учет, а также монтаж системы дистанционного мониторинга деформаций на объектах парка — «Парящий мост» и «Стеклянная кора».

Для обеспечения безопасной эксплуатации сооружений «Парящий мост» и «Стеклянная кора» была смонтирована система дистанционного мониторинга деформационных процессов. Она вошла в состав Системы дистанционного мониторинга деформационных процессов ответственных объектов капитального строительства города Москвы.

В ключевых точках сооружений «Парящий мост» и «Стеклянная кора» закреплены

деформационные марки. Их пространственное положение с заданной периодичностью определяется с помощью электронных тахеометров с автоматическим наведением на отражатель и дистанционным управлением. Результаты измерений передаются на серверы управления в парке, а затем на центральный пульт управления в ГБУ «Мосгоргеотрест».

Измерение деформаций сооружения «Парящий мост»

Смотровая площадка «Парящий мост» представляет собой мостовую консоль из предварительно напряженного железобетона в виде латинской буквы «V» длиной 70 м, простирающуюся без опоры на высоте 15 м над Москворецкой набережной и Москвой-рекой. Создается впечатление, что вся конструкция как будто парит над гладью воды. На консоли расположены пешеходные дорожки и смотровая площадка с высокими стеклянными ограждениями. На смотровой площадке одновременно могут находиться 3–4 тысячи человек.

Электронный тахеометр с дистанционным управлением смонтирован на одной из опор консоли, а деформационные марки в количестве 15 уголковых отражателей — на двух

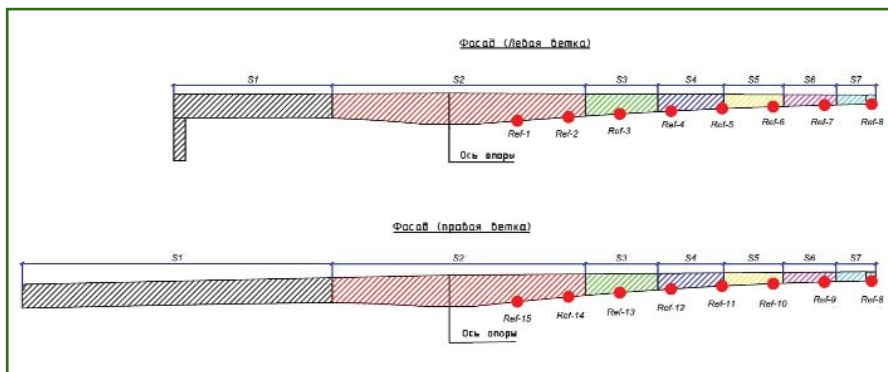


Схема расположения деформационных марок на двух железобетонных конструкциях V-образной консоли



График продольных и поперечных смещений сооружения «Парящий мост»

железобетонных конструкциях V-образной консоли. Электронный тахеометр периодически (в разное время суток) в автоматическом режиме наводится последовательно на угловые отражатели, измеряет их пространственное положение и передает данные наблюдений по кабельной связи на сервер парка «Зарядье» и сервер оператора СДМДП Москвы. На центральном пульте ГБУ «Мосгоргеотрест» по пространственному положению марок строятся графики продольных и поперечных смещений «Парящего моста», которые доступны зарегистрированным пользователям через личный кабинет на сайте СДМДП Москвы в сети Интернет.

Измерение деформаций сооружения «Стеклянная кора»

Концертный зал так вписан в ландшафт парка, что за счет перепада рельефа часть здания накрыта земляным холмом, на котором находится уличный амфитеатр и сад, а открытая лицевая часть — выходит на Китайгородский проезд. Открытый амфитеатр и сад укрывает от непогоды «Стеклянная кора». Это ажурная куполообразная светопрозрачная конструкция площадью 8500 м², которая размещена на опорах, не имеет внешних стен и состоит из каркаса в виде треугольных металлических элементов со сторонами порядка 3 м.



Деформационная марка с L-образным креплением на соединительном узле «Бабочка» каркаса конструкции «Стеклянная кора»

В состав комплекса измерительных средств входят 3 высокоточных электронных тахеометра с функциями дистанционного управления и 61 деформационная марка различной конструкции, закрепленные в узлах несущих элементов светопрозрачного покрытия сооружения (на схеме приведено их местоположение). Два электронных тахеометра смонтированы на конструктивных элементах шахт дымоудаления, а один — на парапете ограждения конструкции «Стеклянная кора». Электронные тахеометры под управлением специализированного программного обеспечения проводят высокоточные определения пространственного положения деформационных марок с заданной дискретностью, а свое пространственное положение контролируют относительно друг друга. Полученные данные передаются на сервер в парке и в ГБУ «Мосгоргеотрест».

Список литературы

1. 75 лет инженерных изысканий в Москве // Ред. коллегия: А.Ю. Серов, А.В. Антипов, С.Г. Гаврилов, Н.И. Сидорова. — Т.: Талан Групп, 2019. — 256 с.
2. ГБУ «Мосгоргеотрест». — <http://mgt.ru>.
3. Ананьева А.Г. Гаврилов С.Г. Ефремова И.Б. Крюков Е.Ю. Туркевич О.Ю. Шаров К.В. Система дистанционного мониторинга деформационных процессов Дворца спорта «Мегаспорт» // Геопрофи. — 2015. — № 2. — С. 49–53.
4. АО «Мосинжпроект». — www.mosinzhpriekt.ru.

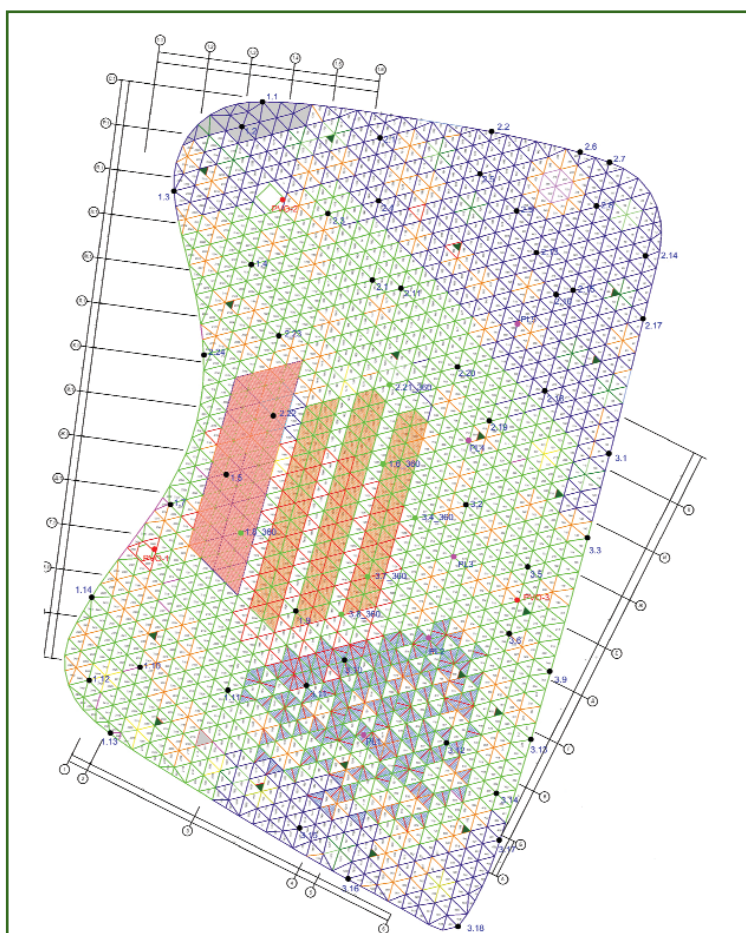


Схема сооружения «Стеклянная кора» с местами размещения электронных тахеометров (PVO-1, PVO-3 и PVO-3) и деформационных марок: с L-образным креплением (кружок черного цвета) — 50 шт., со светоотражающей пластиной (кружок малинового цвета) — 5 шт., с отражателем на 360 градусов (кружок зеленого цвета) — 6 шт.