

*АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО  
СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ  
РАСПОЛОЖЕННОГО В Г. КРАСНОДАРЕ*

**А.А. КУЗНЕЦОВА, Д.А. ГУРА, Т.Э. АЛКАЧЕВ**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;  
электронная почта: anzhelika0502@mail.ru, gda-kuban@mail.ru*

Вопрос деформационного мониторинга зданий и сооружений весьма актуален, так как строительство любых объектов должно постоянно контролироваться на возможность осадки зданий и вертикальных отклонений. В данной статье рассмотрен вопрос эффективности использования лазерной сканирующей системы для проведения периодического мониторинга на примере одного из жилых комплексов и приведены результаты данного мониторинга.

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, деформационный мониторинг, строительство, скорость осадки здания, облако точек.

Человек живет в постоянно изменяющемся мире. Меняется среда обитания, стиль и качество жизни человека. Эти изменения влияют и на тенденции в строительстве зданий, дорог, мостов и других сооружений. Благодаря современной архитектуре и технологическим возможностям конструкции сооружений становятся сложнее, а их формы более экстравагантные. Проблематично то, что длительного опыта строительства сложных сооружений в нашей стране нет. Первые небоскребы в России появились всего пару десятилетий назад.

Прогресс без опыта в строительстве ведет к такой глобальной проблеме, как сохранение безопасности жизнедеятельности человека. Не редкостью становятся такие аварии как обрушение жилых, промышленных и торгово-развлекательных зданий, рушатся мосты, происходят обвалы в шахтах, выходят из строя линии электропередач, взрываются или нарушаются трубопроводы и многое другое. На все эти негативные ситуации могут влиять два фактора: человеческий фактор и природные явления.

Научиться предугадывать негативные ситуации, ведущие к чрезвычайным ситуациям, является для человека главной задачей на пути к своей безопасности.

Контроль стабильности потенциально опасных объектов и прогнозирования их поведения являются очень важной задачей. Вместе с тем существует большое количество уже построенных стратегически важных объектов, таких как плотины, дамбы, ГЭС, АЭС, телевизионные вышки, старение конструкций которых требуют особого внимания. Человек также должен заботиться о сохранности исторических памятников и сооружений, представляющих культурную ценность.

Мониторинг состояния природных и искусственных сооружений в наши дни является необходимостью и неотъемлемой частью системы обеспечения безопасности.

Что мы понимаем под мониторингом и как его обеспечить? Мониторинг деформаций сложных природных и искусственных объектов – это серия измерений, выполненная в течение как длительного, так и короткого времени, с целью определения изменений геометрических параметров (размеров).

Для измерений может быть использовано такое геодезическое оборудование как: GPS, электронные тахеометры, нивелиры, датчики углов и наклонов, и система лазерного сканирования. Время измерений зависит от сложности и характера объекта наблюдения. Мониторинг может проводиться от нескольких часов, дней до нескольких месяцев или даже лет. Были созданы технологии на базе геодезических приборов, позволяющие мониторинг любых объектов с высокой точностью в реальном времени для предупреждения различного рода катастроф и аварий. Такие технологии основаны на сборе данных различных измерительных приборов. Данные от измерительных приборов в реальном времени передаются в единую базу и совместно обрабатываются.

Целью данной статьи является детальное описание проведения периодического деформационного мониторинга с помощью наземного лазерного

сканера, на примере одного из жилых комплексов г. Краснодара. Задача состояла в том, чтобы выявить отклонения в процессе строительства и определить скорость осадки здания до ввода его в эксплуатацию.

Мониторинг проводился в два этапа с периодичностью в четыре месяца. Первый этап представляет собой непосредственно лазерное сканирование объекта, так называемый нулевой цикл измерений. Для сканирования использовался наземный лазерный сканер Leica C10. Началом работ было визуальное обследование объекта и прилегающей к нему территории для планирования размещения станций стояния сканера и расположения связующих марок. В нашем случае сканирование происходило с двух станций, связующих марок же было девять.

Марка представляет собой мишень размерами 100x100 мм и более со специальным светоотражающим покрытием. Для двух станций стояния сканера требуется не менее 4 общих марок. Расположение марок должно быть таким, чтобы они были доступны с каждой из станций стояния.

Сканирование на каждой станции представляло собой: установку сканера, его нивелирование, тестирование, при необходимости, создание панорамной фотографии, непосредственно само сканирование и распознавание марок. Сканирование на одной станции стояния занимает от 30 минут до двух часов, время сканирования зависит от заданной дискретности и области сканирования. Нами была задана дискретность 5x5 см. Для более детальной информации об объекте область сканирования была 360°x270°.

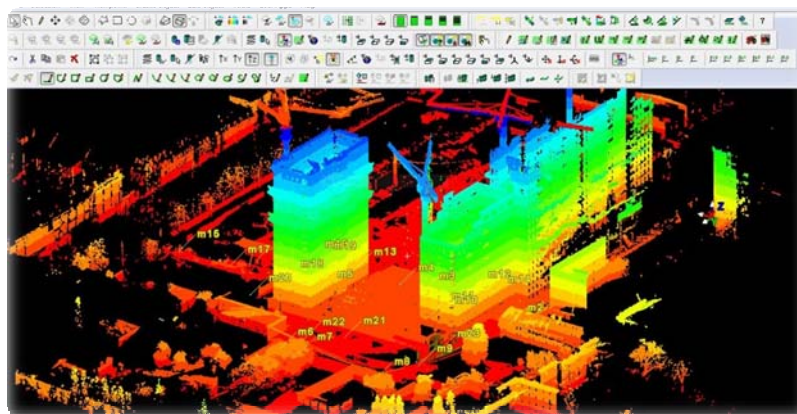


Рисунок 1 – Облако точек, полученное в ходе сканирования

Результатом лазерного сканирования являются облака точек, представленные на рисунке 1. Сканер, используемый для выполнения работ, позволяет получать до 50 000 измеренных точек в секунду. Точность сканера до 4 мм при расстоянии 100 метров в идеальных условиях. Максимальное расстояние зависит от отражающей способности сканируемого объекта и достигает 300 метров. После сканирования облака точек, полученные с двух станций стояния сканера, сшиваются для получения максимального качества обследования объекта. Сшивка происходит по связующим маркам. Удобством лазерного сканирования является тот факт, что для каждой отсканированной точки можно задать координаты в любой системе. Координаты с заданных точек определялись с помощью GPS. Еще одним приоритетом лазерного сканирования является то, что для объекта неважно, где и с какой точки ведется сканирование, ввиду чего геодезическая привязка сканера не требуется и возможно сканирование труднодоступных мест.

После сканирования объекта, данные из прибора передаются в ПО «Cyclone», которое позволяет обрабатывать облака точек, моделировать объекты и решать ряд прикладных задач. Первые результаты мы получили уже после обработки данных первой съемки. Для начала мы выявили, были ли отклонения при строительстве. Обработав массив точек, был построен поэтажный план здания и по его вертикальным границам проанализировано, что уровень первого и двадцатого этажа расходятся на 5, 10, 3, 3 мм соответственно по четырем углам здания. Из СНиП 3.03.01-87 "Несущие и ограждающие конструкции" допустимые нормы отклонения несущих стен по вертикали не должно превышать 20 мм., соответственно, никаких нарушений нет.

Для второй поставленной задачи - определения скорости осадки мы при первом сканировании здания, закрепили на нем связующие марки и определили их координаты. Таким образом, можно было отслеживать их смещение по координатам при последующих съемках объекта. Результаты можно посмотреть на рисунке 2.

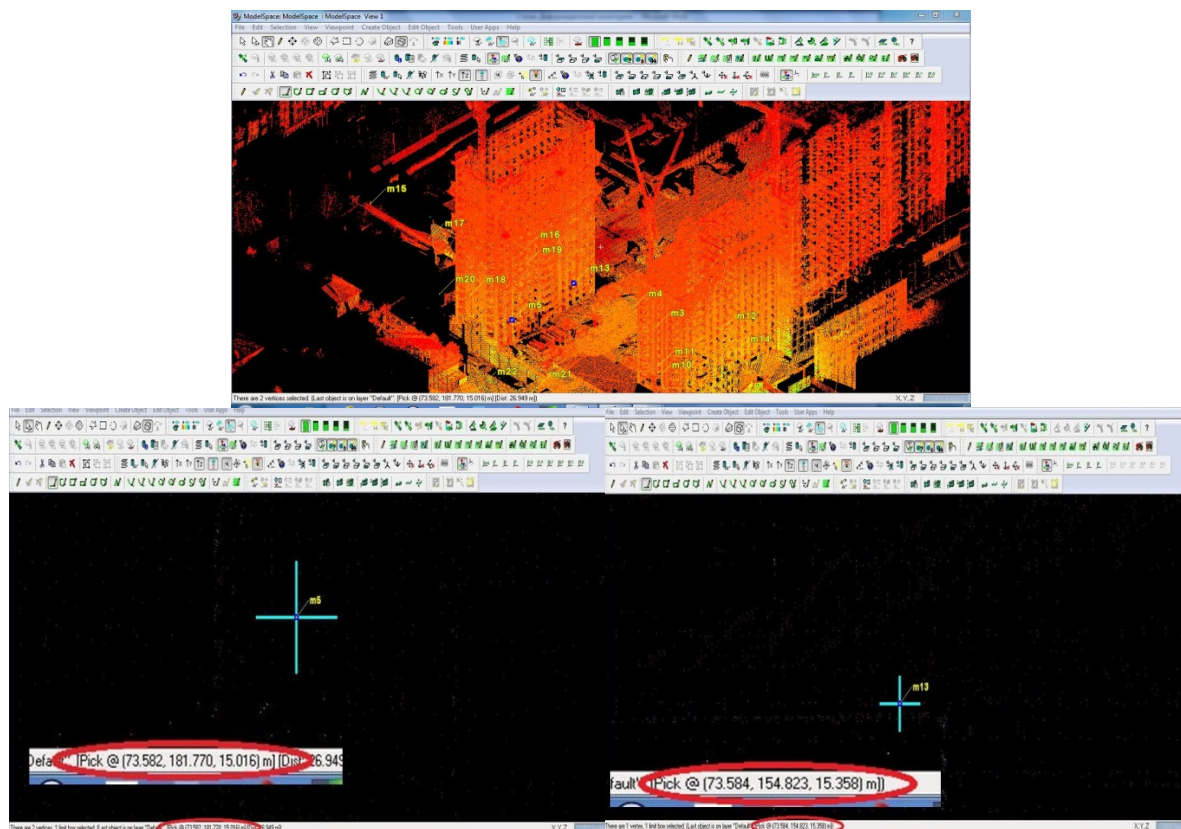


Рисунок 2 – Координаты марок полученные в результате сканирования (ноябрь)

В отличие от систем постоянного мониторинга, которые устанавливаются на объект и производят съемку и передачу данных ситуации 24 часа в сутки 7 дней в неделю, суть периодического мониторинга предполагает собой сканирование объекта и обработку данных несколькими циклами через определенный промежуток времени, при этом сложных установок не требуется. И в том и в другом случае есть свои плюсы и минусы, в нашей ситуации рациональным решением было использовать именно второй метод проведения мониторинга.

Вторым этапом нашей работы было обследование объекта через четыре месяца после первого сканирования. Вторичное обследование заключалось в проведении тех же мероприятий что и при первом сканировании. При втором цикле измерений было установлено две станции стояния сканера и также девять связующих марок. Привязка (ориентирование) производилась путем измерения на стабильно закрепленные марки за пределами строящегося объекта. Данные



полученные в ходе вторичного сканирования также обрабатывались. Были определены координаты всех требуемых точек, которые показаны на рисунке 3.

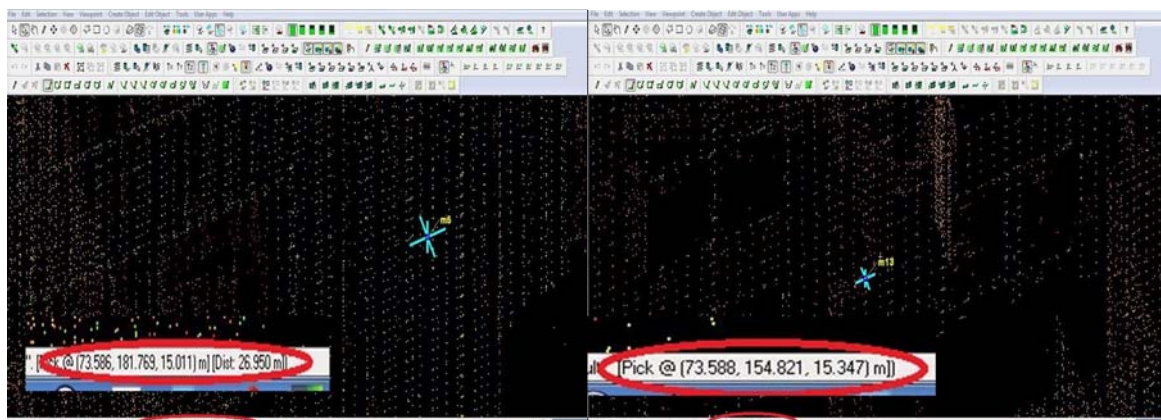


Рисунок 3 - Координаты марок полученные в результате сканирования (февраль)

При анализе двух полученных результатов мы смогли определить смещение наших марок по координатам и соответственно проанализировать была ли осадка здания. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ результатов сканирования для определения возможных деформаций и осадок здания

Марка	X	Y	Z	Расстояние между марками
данные сканирования (ноябрь)				
m5	73.582	181.770	15.016	26.949
m13	73.584	154.823	15.358	
данные сканирования (февраль)				
m5	73.586	181.769	15.011	26.950
m13	73.588	154.821	15.347	

Таким образом, мы видим, что марка m5 сместилась по высоте на 5 мм., а m13 на 11 мм. Это сигнализирует о неравномерной осадке здания по двум несущим стенам. Однако, из строительных норм и правил СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений» следует, что допустимые нормы осадки

оснований зданий составляет 10см. Из чего можно сделать вывод, что рассматриваемый объект дал осадку в допустимых пределах, соответствующих действующим нормам и правилам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. НАВГЕОКОМ. URL: <http://www.navgeocom.ru/catalog/659/4762/>

2. НАУКА.ТЕХНИКА.ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник).

Научный мультидисциплинарный журнал. Выпуск №13. Изд. ООО «Издательский Дом – Юг», 2013. – 161с.

#### REFERENCES:

1. NAVGEOCOM. URL: <http://www.navgeocom.ru/catalog/659/4762/>

2. SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY (polytechnical bulletin).

Multidisciplinary scientific journal. Press «Publishing House – Yg», 2013. – 161p.

#### *ANALYSIS OF THE DATA OBTAINED BY LASER SCANNING TO PERFORM PERIODIC MONITORING BY THE EXAMPLE OF THE BUILDING LOCATED IN KRASNODAR*

**A.A. KUZNETSOVA, D.A. GURA, T.E. ALKACHEV**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;  
e-mail: anzhelika0502@mail.ru, gda-kuban@mail.ru*

Question deformation monitoring of buildings and structures is highly relevant, since the construction of any object should be continuously monitored for the possibility of precipitation of buildings and vertical deviations. In this article the question of the effectiveness of the use of a laser scanning system for periodic monitoring by the example of one of the apartment complexes and the results of this monitoring.

**Keywords:** laser scanning, deformation monitoring, construction, rate of precipitation of the building, point cloud.