



УДК 004.942:624.074:624.042.7

**MONITORING SYSTEM FOR BUILDING DEFORMATION DURING
CONSTRUCTION IN URBAN DEVELOPMENT
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В
УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

Bezushko D. / Безушко Д.І.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2215-1136

*Odessa National Maritime University, Odessa, Mechnikova 34, 65029**Одеський національний морський університет, Одеса, вул.Мечникова 34, 65029***Oleinik V./ Олейник В.А.***student / студент***Korluga A./ Корлюга А.А.***student / студент**Bendery Polytechnic Branch of the TSU named after T.G. Shevchenko,**Moldova, Bendery, Benderskogo Vosstania st. 7, MD-200**Бендерский политехнический филиал ПГУ им. Т.Г. Шевченко,**Молдавия, Бендерского восстания 7, МД-200*

Аннотация. Представлен вариант системы мониторинга технического состояния при строительстве объекта в плотной городской застройке. В работе использованы современные методы проектирования, реализуемые в программных комплексах Autodesk AutoCad и Revit, расчеты напряженно-деформированного состояния и определение устойчивости выполнены методом конечных элементов в ПК Лира и Midas GTS NX. Для наблюдения за деформациями предложено использовать автоматизированную геодезическую систему мониторинга «Циклоп» компании SolDATA Group. Определено влияние нового строительства на соседние здания и разработаны решения по обеспечению их функционирования.

Ключевые слова: мониторинг технического состояния, деформации, ограждение котлована, осадка фундамента, плотная городская застройка.

Вступление.

При строительстве в плотной городской застройке помимо общих требований обеспечения надежности и долговечности нового здания необходимо также учитывать его влияние на соседние здания. Аварии могут происходить в связи с ошибками при проектировании или строительстве и могут повлечь за собой гибель людей и финансовые затраты [1]. Во избежание вышеперечисленных ситуаций необходимо использовать современные научно-обоснованные методы расчета, позволяющие моделировать конструкции и основы максимально приближенными к реальной ситуации и выполнять мониторинг технического состояния конструкций, обеспечивающий постоянный надзор за деформациями и в случае чрезвычайной ситуации принять соответствующие решения и выполнить соответствующие решения для предотвращения аварии.

Мониторинг – один из инструментов, позволяющий снизить риск возникновения аварийных ситуаций и обеспечивает своевременное выполнение противоаварийных и ремонтных работ. Существует множество определений систем мониторинга в различных областях науки и техники, приведем



определение согласно документу fib [2]: «Мониторинг – это часто повторяющиеся или непрерывные долгосрочные плановые наблюдения или измерения строительных условий или действий». Таким образом создание системы мониторинга технического состояния конструкций включает в себя информационную модель, приборы для натурных наблюдений, систему сравнения результатов с максимальными значениями и сохранение отчетов **актуальной задачей.**

Цель работы – разработать информационную модель системы мониторинга технического состояния конструкций при строительстве в плотной городской застройке, для непрерывного наблюдения за деформациями в новом и существующем здании с помощью современных приборов и устройств, установленных на объекте.

Основной текст.

Автоматизированные системы мониторинга состояния сооружений – это сложная, полностью автоматизированная, многоуровневая иерархическая система, состоящая из следующих уровней: сбор в режиме реального времени информации с геодезических, геотехнических и метрологических приборов; архивация и передача на центральный сервер результатов, полученных из контрольно-измерительной аппаратуры; проработка полученных результатов измерений и их представление в графическом и табличном виде; автоматическое сравнение показателей датчиков с предельно допустимыми и сигнализация об их превышении. Мировыми лидерами по созданию аппаратного и программного обеспечения автоматизированных систем мониторинга, можно считать следующие бренды: Trimble, Leica Geosystems AG, SolDATA Group и др. Каждая из указанных компаний имеет свою разработанную и апробированную систему мониторинга. Корпорация Trimble создала систему Trimble 4D Control [3]. Фирма Leica Geosystems AG создала автоматизированную систему мониторинга Leica GeoMoS [4]. Также одним из разработчиков автоматизированных систем мониторинга компания SolDATA Group. Разработчики и программисты этой фирмы создали свою систему мониторинга, которая называется Циклоп и ее расширение Кентавр. Система «Циклоп» в режиме реального времени непрерывно выполняет геодезические измерения на специальных геодезических знаках (оптические минипризмы), установленных на наблюдаемых конструкциях объекта, после чего комплекс программных средств обеспечивает в автоматическом режиме сбор, первичный анализ и обработку данных измерений и передает их для визуализации в режиме реального времени с использованием программного обеспечения Geoscope [5].

В работе [6] был предложен альтернативный вариант автоматизированной системы мониторинга технического состояния причала с использованием технологии информационного моделирования.

Для анализа данных используются алгоритмы программного средства разработанные Безушко Д.И. [6]. Анализ полученных данных происходит с помощью платформы визуального программирования «Dynamo», которая устанавливается вместе с программой «Revit», с помощью этой программы



были созданы алгоритмы (script), которые будут выполнять операции по созданию документов «Microsoft Excel» в которых происходит автоматическая запись координат контрольных (базовых) точек созданных в ВИМ-модели для мониторинга технического состояния конструкции, сравнение координат полученных от оборудования установленного на конструкции с базовыми координатами точек в ВИМ-модели, в случае превышения предельно допустимых значений контрольных (базовых) точек – создание новых точек с новыми координатами.

Для выполнения геодезического мониторинга установлена система автоматического мониторинга «Циклоп». Система включает в себя следующие компоненты:

- станция автоматического мониторинга «Циклоп» (1 ед.);
- деформационные марки (14 ед.)
- опорные пункты (4 ед.)
- станция сбора данных (1 ед.)

Размещение деформационных марок:

1. По 4 марки на каждом жилом доме – с внешней стороны здания на фасаде в уровне цоколя и кровли.

2. По 3 марки на ограждающей конструкции из свай.

Размещение выходных марок: 6 призм на существующих зданиях вне зоны влияния нового строительства.

Станция «Циклоп» представляет собой измерительно-вычислительный комплекс, включающий в себя высокоточный роботизированный тахеометр, блок управления и каналы связи. Внешний вид электронного тахеометра, используемого на объекте, приведен на Рис.1.

Для обеспечения измерений тахеометром на наблюдаемых зданиях установлены деформационные марки в виде отражательных призм (см. рис. 1).

Технические характеристики тахеометра Leica TCA 1800:

- среднеквадратичная погрешность измерения горизонтального угла ± 1 ;
- среднеквадратичная погрешность измерения наклонного расстояния ± 1 мм.

Для обеспечения измерений тахеометром на наблюдаемых зданиях установлены деформационные марки в виде отражательных призм (см. рис. 1).

Для закрепления системы координат и обеспечения единства системы отсчета, были установлены опорные марки на условно неподвижных зданиях.

Станция мониторинга «Циклоп» в непрерывном режиме производит измерения на деформационные марки (отражательные призмы). Наблюдения на каждую призму производятся полным приемом, при двух положениях круга прибора. При этом измеряются горизонтальный угол, вертикальный угол и расстояние от точки стояния тахеометра до призмы. Данные измерений поступают на портативный компьютер, расположенный в коробке сбора данных, установленной у тахеометра. Портативный компьютер подключен к электропитанию и сети Интернет. Все данные измерений передаются посредством Интернет соединения на сервер, для последующей обработки.

Деформационные марки равномерно распределены по наблюдаемым фасадам домов. На приведенных ниже графиках отражена динамика развития



деформационных процессов в характерных точках строительных конструкций (в местах установленных призм). Значение положения деформационных марок по оси Z соответствует оседаниям, а по осям X, Y – горизонтальным перемещениям.



Рисунок 1 - Автоматизированный тахеометр Leica TCA 1800 и инни призма GMP 104

Источник: [4]

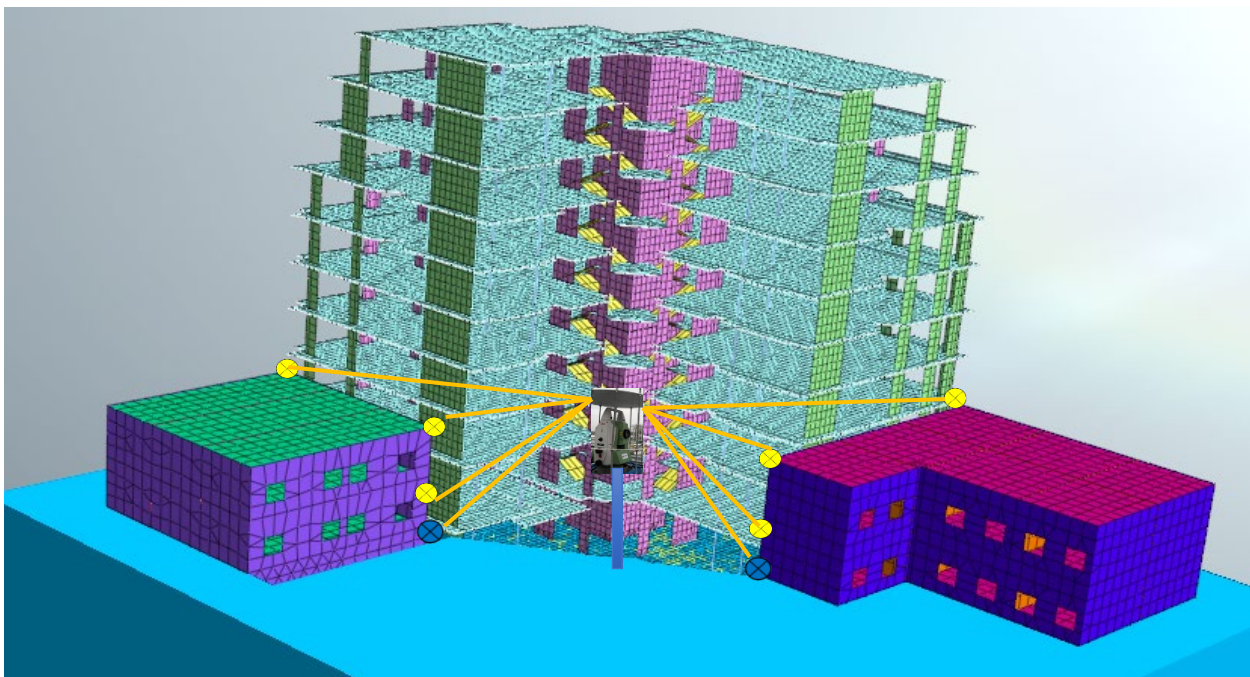


Рисунок 1 - Схема с расположением станций АГСМ «Циклоп» наблюдаемых зданий

Условные обозначения:



- Станция Циклоп
- контрольная точка на существующих домах
- контрольная точка на подпорной стенке
- исходная точка



Система координат принята условной, направление осей соответствует расположению жилого дома, что отмечено на каждом изображении.

Заключение и выводы.

1. Опираясь на анализ истории развития методов и инструментов для мониторинга напряженно деформированного состояния строительных конструкций был определен перечень инструментов для реализации системы мониторинга.

3. Используя современные методы, системы и оборудование, разработали систему мониторинга технического состояния при строительстве объекта в плотной городской застройке на основе системы анализа полученных данных [6].

Литература:

1. Ishchenko, Y., Slyusarenko, Y., Melashenko, Y., Yakovenko, M., & BenI. (2020). Геотехнічний моніторинг в умовах ущільненої міської забудови. Наука та будівництво, 25(3), 13-25.

2. Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures. State of art report by Task Group 5.1. International Federation for Structural Concrete (fib). 2003. 300 p.

3. Мониторинговые системы Trimble [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.kmcgeo.com/Articles/MonitoringSystems.htm>.

4. Leica GeoMoS [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://www.gfkleica.ru/katalog/programmnoe_obespechenie/po_leica/leica_geomos/

5. Автоматизированный геодезический мониторинг жилого дома и подпорной стенки по Краснозвездному проспекту, 14 в Киеве [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.soldata.com.ua/solfrey/iweb.nsf/pages/vtmizvniij-gdzicnij-mnting-dfmcj-tdn-n-ppkt-cvznanzm-14.2283EA2272F45E7DC125795800350E83>.

6. Безушко Д. И. Система мониторинга технического состояния причала с использованием технологии информационного моделирования. Modern engineering and innovative технологии. 2020. Issue 14. Part 2.P. 37-43.

Abstract. A variant of the system for monitoring the technical condition during the construction of an object in a dense urban area is presented. The work uses modern design methods implemented in the Autodesk AutoCad and Revit software systems, stress-strain state calculations and stability determination are performed by the finite element method in the PC Lira and Midas GTS NX. To monitor the deformations, it is proposed to use the automated geodetic monitoring system "Cyclops" of the SolDATA Group company. The impact of new construction on neighboring buildings was determined and solutions were developed to ensure their functioning.

Key words: technical condition monitoring, deformations, excavation fencing, foundation settlement, dense urban development.