

УДК 681.586

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**



**ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF PRIMARY TRANSDUCERS
FOR MONITORING THE STRESS-STRAIN STATE
OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

Дубовенко А.С.

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
dubovenko.artem@list.ru

Святун Ю.В.

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
yulya.svyatun@bk.ru

Аннотация. В данной статье представлена проблема применения различных инструментов мониторинга напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций в строительстве. Представлен перечень различных способов мониторинга напряжений, виды деформаций и стадии напряженно-деформированного состояния. Проведен сравнительный анализ характеристик видов первичных преобразователей.

Ключевые слова: мониторинг, напряженно-деформированное состояние, нагрузки, железобетонные конструкции, строительство, здания, сооружения.

Dubovenko A.S.

Student,
Kuban State Technological University
dubovenko.artem@list.ru

Svyatun Yu.V.

Student,
Kuban State Technological University
yulya.svyatun@bk.ru

Annotation. This article presents the problem of using different tools for monitoring the stress-strain state of reinforced concrete structures in construction. The list of different methods of stress monitoring, types of deformations and stages of stress-strain state is presented. A comparative analysis of the characteristics of types of primary transducers is made.

Keywords: monitoring, stress-strain state, loads, reinforced concrete structures, construction, buildings, structures.

Напряженно-деформированное состояние (НДС) – это комплекс деформаций и напряжений, которые возникают в железобетонных конструкциях и элементах из-за воздействия на них различных внешних нагрузок.

Мониторинг НДС – организация комплекса мероприятий, основанных на систематическом наблюдении за техническим состоянием и оценкой строительных конструкций, целью которого является выявление изменений несущей способности или деформаций.

В России мониторинг технического состояния строительных конструкций в зданиях и сооружениях производят согласно требованиям ГОСТ 31937-2011. «Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» от 27.12.2012 № 1984-ст. Также существует ряд других нормативных документов, предназначенных для контроля технического состояния конструкций и их обследования.

В ряде случаев проведение несвоевременного обследования напряженно-деформированного состояния конструкций или его полное отсутствие приводит к тому, что деформации в элементах зданий могут достичь состояния, при котором их несущая способность существенно снизится. В таком случае необходима замена или реконструкция конструкций зданий и сооружений [1, 2].

При определении напряженно-деформированного состояния можно выделить следующие виды деформаций:

1. Растяжение;
2. Срез;

3. Сжатие;
4. Сдвиг;
5. Изгиб;
6. Кручение.

Существуют несколько стадий напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов:

1 стадия. Упругая работа бетона. На данном этапе осуществляется начальная нагрузка на элемент конструкции, воздействие продолжается до появления трещин в растянутой зоне бетона. В таком случае напряжения в бетоне сравнительно меньше, чем временное сопротивление растяжению, растягивающие усилия бетоном и арматурой совместно. При воздействии небольших нагрузок на конструкции и их элементы напряжения арматуры и бетона невелики и деформации в основном упругие.

1-а стадия. Происходит увеличение нагрузки на элементы, в растянутой зоне бетона развиваются неупругие деформации, напряжения приближаются к пределу прочности при растяжении. Во время развития данной стадии производят расчеты по образованию трещин в элементах.

2 стадия. Начинает свое развитие после образования трещин в растянутой зоне бетона. Тогда растягивающие усилия в местах образования трещин начинают восприниматься арматурой и участками бетона, расположенными над трещинами, бетон и арматура работают совместно. При дальнейшем увеличении нагрузки в сжатой зоне бетона начинают развиваться неупругие деформации. Во второй стадии производят расчеты прогибов и ширины раскрытия трещин.

3 стадия. На данном этапе приложения нагрузок элемент начинает разрушаться. При увеличении нагрузки напряжения в стержневой арматуре достигают предела текучести. В сжатой зоне бетона напряжения также достигают временного сопротивления сжатию. Разрушение начинается с растянутой зоны арматуры и заканчивается раздроблением бетона сжатой зоны. Данный вид разрушения называется пластическим [3, 4].

Напряженно-деформированные состояния определяются четырьмя видами мониторинга технического состояния строительных конструкций:

1. *Геодезические методы.* Посредством данных методов измеряют перемещение конструкций и их элементов в пространстве, определяют величины осадки и кренов. Для проведения обследований данными методами применяют нивелиры, приборы лазерного сканирования и спутниковые GPS-технологии. Однако данные методы обследований НДС позволяют выявить деформации и определить техническое состояние конструкций на момент их проведения;

2. *Обследование технического состояния конструкций.* Данные методы производят путем оценки состояния грунтового массива и основания строений. В зависимости от используемого метода возможно получение результатов исследований как в трехмерном томографическом изображении, так и в более упрощенном варианте. Такие методы обследования производят непрерывно;

3. *Применение технических средств измерений.* Нагрузки, деформации и напряжения в конструкциях и их элементах производят при помощи наборов инструментов и вибрационных датчиков напряжений, которые устанавливают в колоннах, стенах, фундаментах и других несущих конструкциях. Обследование производится постоянно и автоматически;

4. *Динамические методы.* Данную разновидность методов производят при помощи различных измерительных приборов и устройств, таких как наклонометры, деформографы, сейсмометры и т.д. Методы основываются на возбуждении искусственных и естественных колебаний и дальнейшем анализе их воздействия на конструкции. Данные методы обследования позволяют производить постоянный мониторинг состояния строительных конструкций и получать подробную информацию об особенностях динамических воздействий на здания и сооружения [5, 6].

Обследование и мониторинг технического состояния конструкций в зданиях и сооружениях производят как измерение действующих нагрузок на конструкцию, де-

формаций и перемещений посредством применения информационно-измерительных приборов и систем, оснащенных датчиками.

В системах мониторинга напряженно-деформированного состояния широко применяются следующие первичные преобразователи:

1. Тензометрические;
2. Акустические пьезопреобразователи;
3. Молекулярно-электронные;
4. Волоконно-оптические.

Разберем подробнее каждый вид первичных преобразователей. Суть работы тензометрических датчиков состоит в преобразовании механических данных в цифровые показатели (сигналы). Измерительные приборы тензодатчиков различают по типам воспринимаемых ими нагрузок и по строению. В строительстве в основном применяют консольные датчики, данный вид преобразователей являет собой балку, работающую на изгиб и сдвиг, и колонные (стержневые), они работают на сжатие. Преимуществами таких первичных преобразователей являются: высокая точность и широкий диапазон измерений, малая чувствительность к динамическим деформациям оснований, работоспособность при широком диапазоне температур, легкость в монтаже. Однако у данных устройств есть и недостатки: снижение точности показаний при воздействии вибраций, необходимость усиления сигнала, уязвимость в условиях агрессивной среды.

Акустические пьезопреобразователи – это датчики, которые преобразуют акустические сигналы в электрические. Их работа состоит в прозвучивании конструкций при проведении ультразвукового контроля. Принцип работы основан на обратном и прямом пьезоэффекте. Данные устройства мобильны, однако подвержены быстрому изнашиванию.

Молекулярно-электронные преобразователи – это инерциальные датчики, работа которых основана на электрохимическом механизме. Данный вид устройств определяет напряжения путем фиксации химических и физических явлений на поверхности электродов в электрохимических ячейках. Преимуществами Молекулярно-электронных датчиков является их размер – они сравнительно меньше и компактнее остальных приборов, их производительность сравнима с волоконно-оптическими преобразователями. Помимо этого, данный вид датчиков ударопрочен, также стоит учитывать низкую себестоимость продукта.

Волоконно-оптические преобразователи – приборы, в которых оптоволокно используется как чувствительный к нагрузкам элемент. Различают два вида волоконно-оптических преобразователей: точечные, их чувствительный элемент – волоконные брэгговские решетки, и распределительные датчики, предназначенных для определения деформаций. Положительными качествами данных приборов являются: дистанционная работа, устойчивость к электромагнитным помехам и отсутствие электричества в точках проведения измерений.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что каждый вид первичных преобразователей удовлетворяет требованиям мониторинга напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций. Применение при обследовании тех или иных датчиков приведет к качественному и быстрому результату. Отрицательные и положительные характеристики есть у всех перечисленных видов первичных преобразователей, однако использование при мониторинге НДС любого из перечисленных устройств даст точный результат, на основании которого в дальнейшем, при необходимости, будет произведена реконструкция.

Литература

1. Особенности мониторинга напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций с применением одноволоконных многомодовых интерферометров / Ю.Н. Кульчин [и др.] // Измерительная техника. – 2012. – № 4. – С. 39–42.
2. Кибирова Н.А., Леонова А.Н. Мониторинг технического состояния высотных зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2022. – № 4. – С. 142–146.
3. Жердеева С.А., Фигурин Е.В. Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций при сложном напряженном состоянии // Труды Братского государ-

ственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. – 2009. – Т. 2. – С. 188–192.

4. Пузанков Ю.И., Хорошев А.А., Леонова А.Н. Динамические характеристики строительных материалов при сейсмических воздействиях // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 671–680.
5. Запруднов В.И., Серегин Н.Г. Методы и средства мониторинга технического состояния строительных конструкций // Лесной вестник. – 2019. – Т. 23. – № 5. – С. 108–115.
6. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Мониторинг энергоэффективных зданий // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных районах. Материалы IX международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки РФ; Сочинский государственный университет. – 2016. – С. 145–148.

References

1. Features of stress–strain state monitoring of reinforced concrete structures using single–fiber multimode interferometers / Yu.N. Kulchin [et al.] // Izmeritel'naya tekhnika. – 2012. – № 4. – P. 39–42.
2. Kibirova N.A., Leonova A.N. Monitoring of the technical condition of high–rise buildings // Science. Technics. Technologiya (Polytechnic bulletin). – 2022. – № 4. – P. 142–146.
3. Zherdeeva S.A., Figurina E.V. Stress-strain state analysis of the iron–concrete structures under the complex stress state // Proceedings of Bratsk State University. Series: Natural and engineering sciences – development of Siberian regions. – 2009. – V. 2. – P. 188–192.
4. Puzankov Yu.I., Khoroshev A.A., Leonova A.N. Dynamic characteristics of building materials under seismic impacts // Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 671–680.
5. Zaprudnov V.I., Seregin N.G. Methods and means of monitoring the technical condition of building structures // Forestry Bulletin. – 2019. – V. 23. – № 5. – P. 108–115.
6. Karpanina E.N., Leonova A.N. Monitoring of energy-efficient buildings // In Collection: Construction in coastal resort areas. Materials of IX International Scientific and Practical Conference. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Sochi State University. – 2016. – P. 145–148.