УДК 624.03

Дормидонтова Татьяна Владимировна
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно – строительный университет»
Россия, Самара[1]
Заведующая кафедрой, кандидат технических наук, доцент
E-Mail: adisk63@yandex.ru

Мониторинг несущих конструкций одноэтажного каркасного сборного железобетонного здания

Аннотация: Проблема мониторинга технического состояния зданий является достаточно значимым фактом для надёжности и долговечности объекта. Он даёт возможность в любой момент времени иметь в своем распоряжении исчерпывающую информацию о техническом состоянии конструкций и здания в целом.

Мониторинг включает в себя регулярное надзор за состоянием конструкций, оценку и прогноз их прочности, долговечности и надёжности, а также составление надлежащей документации.

В данной статье приведены результаты по установке датчиков контроля за техническим состоянием несущих конструкций одноэтажных каркасных сборных железобетонных зданий.

Определены технические характеристики мониторинга строительных конструкций. Фактические пределы измерения контролируемых при мониторинге параметров. Разработаны рекомендации по механическому креплению приборов.

За критерий технического состояния конструкций в работе принято понятие “надёжность”. Этот критерий обладает следующими выгодными свойствами: общностью, т.е. он может быть применён для любого свойства конструкции или здания (прочности, деформативности, теплозащиты, звукоизоляции, виброзащиты и др.); связью со временем; определяет безопасность здания в любой момент времени за счёт учёта неэкономических потерь, которые выражаются количеством людей на площади поражения от отказа конструкции; описывается математически; способен объединять большое количество элементов с разным качеством и способами соединения, за счёт объединения элементов в последовательные, параллельные и комбинированные соединения.

Представлен анализ реальной работы несущих конструкций зданий и технических этажерок, который позволил определить наиболее рациональные и надёжные средства мониторинга состояния конструкций, места и способы их измерения на конструкциях.

Ключевые слова: Мониторинг; контроль; деформация; нагрузка; датчик; надёжность; критерий; оценка; состояние; конструкция.

Идентификационный номер статьи в журнале 43TVN214

[1] 443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 194, кафедра АДиГСС

Мониторинг деформационных процессов строительных и инженерных объектов является важнейшей составляющей эксплуатационных работ на объектах.

Под мониторингом технического состояния зданий и сооружений понимается система наблюдений и неразрушающего контроля, проводимых регулярно по определённой программе. Мониторинг позволяет получить оценку напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций объектов, проанализировать происходящие деформационные процессы с целью своевременного установления критичных величин деформаций и причин их возникновения, прогнозирования развития деформаций, выработки необходимых мер по предупреждению неблагоприятных последствий.

Влияние факторов окружающей среды на работоспособность элементов и конструкций зданий проявляется в виде воздействия на интенсивность протекания процессов, являющихся причиной изменения работоспособности отдельных элементов. При принятии рациональных конструктивных решений отрицательное воздействие этих факторов может быть снижено или полностью исключено.

Совокупность технических и технологических средств, предназначенных для измерения и регистрации параметров, а также для обработки собранной информации, образует систему мониторинга, индивидуальную для каждого конкретного объекта. Была исследована документация, направленная на создание автоматизированной системы мониторинга возводимых производственных зданий и блоков технологических колонн, на одном из нефтеперерабатывающих предприятий Самарской области (Производственный корпус, Постамент №1, Постамент №2, Постамент №3, Блок колонн: С-202, С201, С101).

На вышеперечисленные объекты в период эксплуатации действуют силовые и средовые нагрузки. Конструктивную безопасность сооружений принято оценивать вероятностным комплексом, для которого существует определённая детерминированная система. Одними из основных составляющих средовых воздействий являются гигрометрические и температурные.

Постоянный мониторинг на данных объектах позволит фиксировать внезапные негативные воздействия изменения поведения данных сооружений или причин вызывающих эти изменения.

Систематическое проведение мониторинга имеет первостепенное значение в процессе обеспечения их безопасного использования, предотвращения техногенных аварий, экологических катастроф и связанных с ними человеческих жертв.

В процессе проведения мониторинга на данных объектах будет возможно:

- выявить эксплуатационные факторы, наиболее сильно влияющих на деградацию сооружения;
- определение “опасных” зон сооружений, наблюдение за которыми может помочь зафиксировать внезапные негативные изменения поведения;
- определение возможности принятия эффективных решений в случае получения информации о негативных изменениях.

Условия эксплуатации сооружений и конструкций (режимы использования и нагружения, квалификация эксплуатационного персонала, качество обслуживания) влияют на интенсивность изменения характеристик их работоспособности. При проектировании технических устройств и планировании для них профилактических мероприятий необходимо знать характеристики работоспособности конструктивных элементов, определяющие

работоспособность объекта в целом, в определенных режимах и условиях их использования. Недостаточное знание физической природы протекающих процессов, являющихся факторами утраты конструктивными элементами работоспособности, а также несистематический характер под влиянием эксплуатационных, климатических и других причин, в большинстве случаев, не дают возможности аналитическими методами получить для большинства конструктивных элементов зависимости, описывающие их работоспособность.

Приборы расставляются таким образом, чтобы было возможно определить отклонение от вертикальной оси, вызванное естественными и искусственными причинами.

К естественным причинам, влияющим на деформацию сооружения, относят ветер, неравномерный прогрев солнцем бетонных и стальных конструкций и т.д. К искусственным влияниям часто относят нагрузку от установки крана, неравномерного давления на материал конструкций и т.д. Также необходимо различать кратковременные и сезонные деформации.

Нагрузки, действующие на элементы конструкции, делятся на статические (или постоянные) и динамические (или временные, подразделяются на длительного и кратковременного воздействия).

В связи с этим первостепенным способом получения сведений о значениях характеристик работоспособности конструктивных элементов является статистический.

Основная задача, поставленная заказчиком, была в составлении рекомендаций по измерению деформаций объекта. Задача измерения деформации является контроль возможного возникновения сверхнормативных нагрузок либо перемещений несущих элементов.

Современной технологией, которая использовалась в проекте, было использование инклинометров, акселерометров. Если объект, находится в статическом состоянии, инклинометр замеряет угловые показатели его пространственного расположения. Если объект движется, то есть находиться под воздействием вибрации, показания датчика зависят от ускорений. Вследствие этого инклинометр является составной частью комплексных систем измерения, обеспечивающих акселерометры и устройства обработки информации с датчиков. Акселерометры применяют для определения силовых воздействий. Они осуществляют мониторинг реакции элементов конструкции на неустойчивую нагрузку, может быть подключен к любой системе постоянного мониторинга. Приборы позволяют определить отклонение от вертикальной оси, вызванное естественными и искусственными причинами.

Для обеспечения надежности измерений инклинометры располагаются на жесткой платформе или специальном креплении, устанавливаемом в точке наблюдений. Чаще всего приборы крепят винтами (шпильками). На инклинометре может быть прижимное кольцо, которое фиксирует датчик в любом нужном положении. Штатное крепление прибора снабжено тремя юстировочными винтами, позволяющими при его монтаже быстро и точно привести прибор в рабочее (горизонтальное) положение по круглому уровню. Использовать штатное или подобное крепление особенно важно, поскольку оно не только значительно экономит время при монтаже, но и обеспечивает достоверность измеряемых углов наклона. Инклинометры измеряют угол наклона в миллирадианах (mrad), а температуру в градусах по Цельсию (с точностью 0,1°C). Несомненное удобство использования единиц измерения в радианах представляется в том, что угловая величина в 1 mrad соответствует наклону поверхности в 1 мм на 1 м.

В каркасных зданиях приборы необходимо устанавливать внутри здания и на несущих колоннах по периметру.

По обе стороны от шва следует установить инклинометр и акселерометр в одном блоке.

Особое значение имеет задача мониторинга наклона высотных сооружений (блок колонн). Инклинометры объединяют в измерительную сеть, дополняют акселерометром, устанавливают на фундамент и колонны. Инклинометры, установленные на фундамент, регистрируют любые, самые незначительные деформации фундаментной плиты, а инклинометры установленные на колонну — наклоны основной оси здания, как во время строительства, так и в период эксплуатации.

Расположение и необходимые приборы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расположение необходимых приборов на объектах

№ п\п	Наименование объекта	Расположение приборов в осях	Наименование приборов	Количество (шт)
1	Производственный корпус (ориентировочная высота установки прибора +11700) [2]	Д3,А5	инклинометр	2
		Д6, А8	инклинометр	2
		Д9, А15	инклинометр	2
2	Постамент № 1 (ориентировочная высота установки прибора +7000)	В1, А5	инклинометр	2
		В5, А10	инклинометр	2
		В10, А14	инклинометр	2
3	Постамент № 2 (ориентировочная высота установки прибора +10000)	Г1, А3	инклинометр	2
4	Постамент № 3 (ориентировочная высота установки прибора +10300)	Г1, А3	инклинометр	2
5	Колонна С-202	Отметка +64100 с 2-х сторон	инклинометр, акселерометр в едином блоке*	2
6	Колонна С-201	Отметка +38100 с 2-х сторон	инклинометр, акселерометр в едином блоке	2
7	Колонна С-101	Отметка +33200 с 2-х сторон	инклинометр, акселерометр в едином блоке	2

Оборудование устанавливают в зависимости от розы ветров. Роза ветров, строится по существующим наблюдениям, что позволяет определить направление господствующего или преобладающего ветра, по длине луча построенного многоугольника, со стороны которого как правило, приходит воздушный поток в Самарскую область.

[2] Приборы устанавливают на максимальную высоту (отметку) несущей конструкции (колоны), минус высота прибора (ориентировочно 300 мм)

В зависимости от направления преобладающих ветров зависит и снегозаносимость. При возникновении в атмосфере таких явлений, как снежный буран или метель, снежинки, подхваченные ветром, переносятся на подветренную сторону. В результате с одной стороны снега лежит меньше нормы, а с другой больше. Снижение и увеличение снеговых нагрузок, зависит от направления ветра. Направление преобладающего ветра определяется по розе ветров для данного региона строительства. Если данные по розе ветров отсутствуют, для расчета нужно выбрать максимальную нагрузку.

Это служит обоснованием для установки инклинометров и акселерометров в едином блоке, с двух сторон на блоке колонн, рис.1.

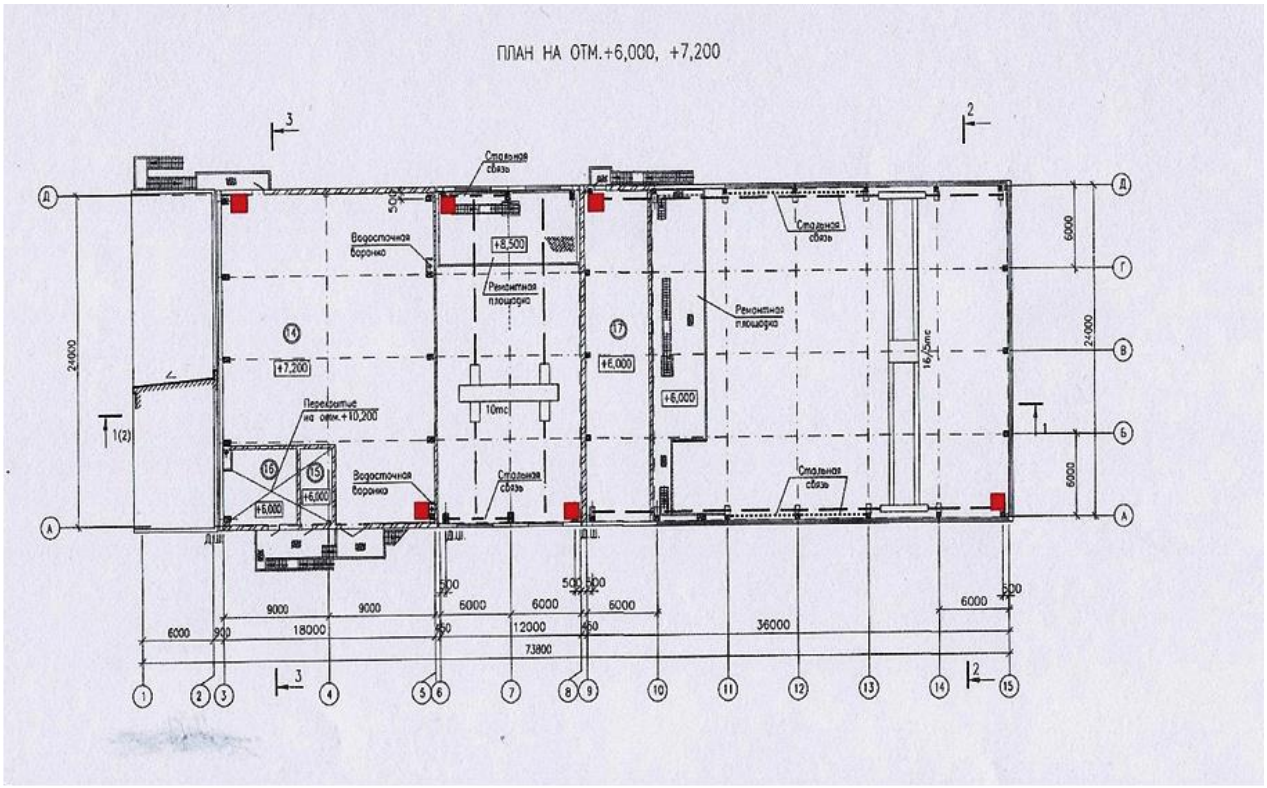

Рис. 1. *План производственного цеха с расстановкой инклинометров*

При боковом давлении ветра воздушный поток сталкивается со стеной и верхним покрытием объекта. У стен происходит завихрение потока, часть его уходит вниз к фундаменту, другая по касательной к стене ударяет в верхнюю часть сооружения. Ветровой поток, атакующий верхнюю часть сооружения, огибает по касательной, захватывает спокойные молекулы воздуха с подветренной стороны и устремляется прочь. Таким образом, в верхней части объекта возникают сразу три силы, способные сорвать покрытие и опрокинуть — две касательные с наветренной стороны и подъемная сила, образующаяся от разности давлений воздуха, с подветренной стороны. Еще одна сила, возникающая от давления ветра, действует перпендикулярно и старается вдавить и сломать его.

Чтобы зафиксировать это событие по торцам и внутри сооружений рекомендуется установить инклинометры, рис.2.

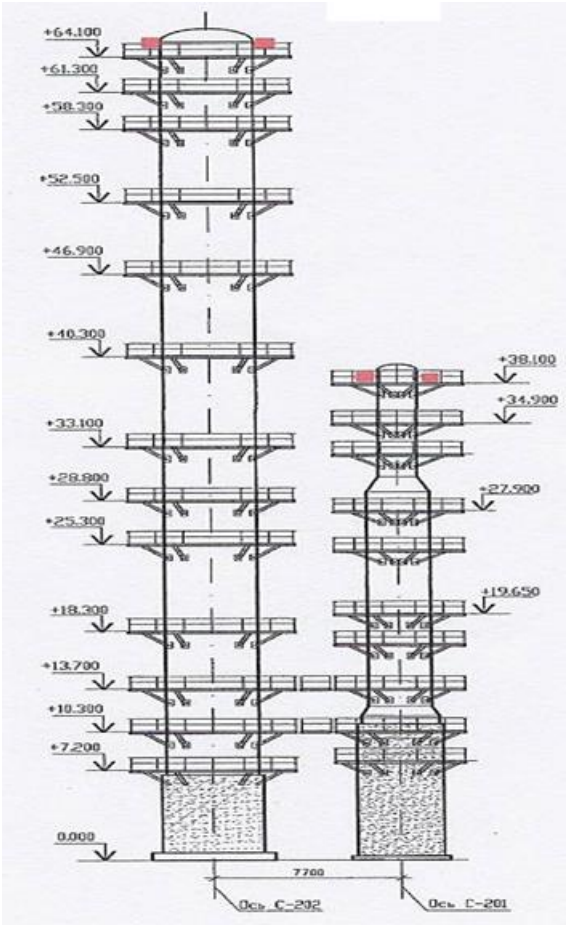

Рис. 2. *Блок колонн с расстановкой инклинометров и акселерометров*

Инклинометры устанавливают 2 – х координатные, акселерометры – 3 – х координатные.

Программное обеспечение для мониторинга, осуществляющее опрос инклинометров, обеспечивает непрерывность наблюдений, а также сбор, анализ и сравнение значений измеренных величин с расчетными (проектными). Различия в величинах наклона элементов конструкции свидетельствуют о развитии локальных процессов деформации сооружения.

Инклинометры монтируют на кронштейнах на теле ядра жесткости, т.е. колонны. Инклинометры способны измерять собственный наклон по оси X и У с точностью до 2.5 мм на 1 км и могут выдавать данные наклона в реальном режиме времени через последовательный порт с частотой 1 Гц.

Зная высоты установки датчиков и измеряя наклон, можно определить среднее отклонение верха объекта от вертикали в любой период времени.

Надежность измерений должна достигается калибровкой каждого инклинометра.

Точность системы наблюдений должна устанавливаться программой измерений

Фактические параметры исследуемых объектов определяются в течение года, при постоянном мониторинге, один раз в квартал.

Критерии оценки результатов измерений устанавливаются инспекторскими службами применительно к конкретному сооружению.

Использование рассматриваемой системы мониторинга позволяет прогнозировать процессы ослабления несущей способности инженерных конструкций, представлять

конструктивные и инженерные предложения по их усилению. Оптимальное решение подбирается для каждого объекта с учётом особенностей измерительного оборудования и конкретных задач мониторинга.

Заключение

Разработанные рекомендации были реализованы на объектах нефтеперерабатывающей отрасли и используются при проектировании систем автоматизированного мониторинга технического состояния строительных конструкций. Мониторинг строительных конструкций необходимо проводить не реже одного раза в квартал. Фактические пределы измерения контролируемых при мониторинге параметров следует определять в течение первого года мониторинга. Приборы устанавливают на колоннах. Приборы располагаются на жесткой платформе или специальном креплении, устанавливаемом в точке наблюдений, для обеспечения надежности измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дормидонтова Т.В. Комплексное применение методов, средств контроля для диагностики и мониторинга строительных систем (Монография) Самара: СГАСУ, 2011.
2. Дормидонтова Т.В. Метод численной линеаризации при реализации вероятностных расчётов надежности зданий // Естественные и технические науки. -2013. №2 (64), Москва, изд-во Спутник +.
3. Дормидонтова Т.В. Экономические и инженерные аспекты мониторинга, надёжности строительных систем с учётом различных критериев // Экономика, финансы и управление в современных условиях. -2011. -№4(6), Самара, изд-во Глагол.
4. Дормидонтова Т.В. Экономическая и технические базы системы мониторинга зданий и сооружений городов // Вестник Самарского государственного университета. -2011. -№1/1 (82).
5. Дормидонтова Т.В. Методика оценки надежности эвакуации людей // Европейская Наука и Техника: материалы III международной научно-практической конференции. - Мюнхен. - Германия. 2012 г.
6. Дормидонтова Т.В., Лычёв А.С. Организация параллельных соединений функции технического обеспечения // Известия вузов. Строительство. – 2004. - №1.
7. Дормидонтова Т.В., Мальцев А.В. Мониторинг технического состояния строительных объектов // Проектирование и строительство в Сибири. -2010. №2(56).
8. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Критерии оценки надёжности и технического состояния гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 2. С. 105-108.
9. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Оценка надёжности гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. № 1. С. 64-68.
10. Лычёв А.С., Бестужева Л.М. Дормидонтова Т.В., Оценка и регулирование качества в системе городского хозяйства // Вестник Самарского муниципального института управления - Самара, 2007, №5.

Рецензент: Попов Валерий Петрович, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно - строительный университет, заведующий кафедрой «Технология и организация строительного производства», д-р техн. наук, профессор, академик РИА, Заслуженный инженер России, Почётный строитель России, почётный работник высшего профессионального образования России, обладатель Большой и Малой медалей РААСН.

Tatyana Dormidontova
Samara State Architecturally – Construction University
Russia, Samara
E-Mail: adisk63@yandex.ru

Monitoring of bearing structures of one-storey precast concrete frame buildings

Abstract: The problem of monitoring of technical condition of buildings is rather significant fact for reliability and durability of object. It gives the chance to have at any moment at the order exhaustive information on technical condition of designs and the building as a whole.

Monitoring includes regular supervision of a condition of designs, an assessment and the forecast of their durability, durability and reliability, and also drawing up appropriate documentation.

Results on installation of sensors of control of technical condition of bearing designs of the one-storeyed frame national teams of ferroconcrete buildings are given in this article.

Technical characteristics of monitoring of construction designs are defined. The actual limits of measurement of parameters controlled at monitoring. Recommendations about mechanical fastening of devices are developed.

For criterion of technical condition of designs in work the concept "reliability" is accepted. This criterion possesses the following favorable properties: community, i.e. it can be applied to any property of a design or the building (durability, a deformativnost, a heat-shielding, sound insulation, vibroprotection, etc.); communication over time; defines safety of the building at any moment at the expense of the accounting of not economic losses which are expressed by number of people on the defeat square from design refusal; it is described mathematically; it is capable to unite a large number of elements with different quality and ways of connection, due to association of elements in the consecutive, parallel and combined connections.

The analysis of real work of bearing designs of buildings and technical whatnots which allowed to define the most rational and well-tried remedies of monitoring of a condition of designs, places and ways of their measurement on designs is submitted.

Keywords: Monitoring; control; deformation; loading; sensor; reliability; criterion; assessment; state; design.

Identification number of article 43TVN214

REFERENCES

1. Dormidontova T.V. Complex application of methods, control devices for diagnostics and monitoring of building systems (Monograph) Samara: SGAS, 2011.
2. Dormidontova T.V. Numerical method of linearization when implementing probabilistic calculations of reliability of buildings // Natural and technical Sciences. - 2013. №2 (64), Moscow, publishing house Sputnik +.
3. Dormidontova T.V. Economic and engineering aspects of monitoring, reliability building systems tailored to the different criteria // Economics, Finance and management in modern conditions. -2011. -№4(6), Samara : publishing house of the Verb.
4. Dormidontova T.V. Economic and technical base of the system of monitoring of buildings and structures of cities // Vestnik of Samara state University. -2011. - №1/1 (82).
5. Dormidontova T. Estimation technique of reliability of people evacuation // European Science and Technology: materials of the III international research and practice conference, Vol. I, - Munich. –Germany. 2012.
6. Dormidontova T.V., Lychev A.S. Organization of parallel connections functions of the technical support // Izvestiya vuzov. The construction. - 2004. - №1.
7. Dormidontova T.V., A. Maltsev Monitoring of technical state of building objects // Design and construction in Siberia. -2010. №2(56).
8. Evdokimov S., Dormidontova T.V. evaluation Criteria of reliability and technical condition of hydraulic structures // Bulletin of SGAS. The urban planning and architecture. 2011. № 2. C. 105-108.
9. Evdokimov S., Dormidontova T.V. Assessment of reliability of hydraulic structures // Bulletin of SGAS. The urban planning and architecture. 2012. № 1. C. 64-68.
10. Lychev A.S., Bestuzheva L.M. Dormidontova T.V., Assessment and management of quality in the system of municipal economy // Bulletin of the Samara municipal Institute of management - Samara, 2007, №5.