

## СТРУКТУРА СИСТЕМ ОРИЕНТИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЗДАНИЙ

**Крамарчук И.Н.**

Донецкий Национальный технический университет, г. Донецк

Кафедра электронной техники

E-mail:igor\_kramarchuk@mail.ru

### **Abstract**

**Kramarchuk Igor**

### **The structure of systems for aligned control of buildings**

*The brief review fundamental methods of aligned control of buildings with all advantages and drawbacks are considered. In this article also editorialized pressing question about the problems and the barest necessity of researching and scientific planning the structure of systems for aligned control of buildings*

**Общая постановка проблемы.** Здания и сооружения играют важную роль в жизни современного общества. Можно утверждать, что уровень цивилизации, развитие науки, культуры и производства в значительной мере определяются количеством и качеством построенных зданий и сооружений. Построенные и принятые в эксплуатацию строительные объекты подвергаются воздействию ряда различных внешних факторов, таких как неравномерный солнечный нагрев, ветровые нагрузки, различного рода вибрации, неравномерное распределение масс близко стоящих зданий, землетрясения и т.д. [1]. Кроме того, конструкции изнашиваются, стареют, разрушаются, вследствие чего эксплуатационные характеристики зданий ухудшаются, и со временем они перестают отвечать своему назначению и пригодности для эксплуатации. Подобные процессы неразрывно связаны с такими понятиями как деформации, смещения, подъемы и проседания, которые дают о себе знать особенно тогда, когда грунты, на которых возведены сооружения, расположены над шахтными выработками, подземными метро, всевозможными подземными водами и прочее. Однако преждевременный износ зданий недопустим, так как неукоснительно нарушает условия работы и быта людей, использующих эти сооружения.

Необходимость контролировать состояние строительных сооружений возникает одновременно с их возведением. Под влиянием различного рода неблагоприятных факторов (геологические процессы, представленные движением земной коры, смещениями, просадочными явлениями, обвалами, карстовыми образованиями, – связанные со спецификой верхних пластов литосферы), теоретические расчеты групп инженеров-строителей могут со временем дать существенные расхождения с реальными показателями. Как результат, дома начинают проседать, претерпевать общие деформации и деформации отдельных частей, смещается геометрический центр равнодействующих сил и т.п. Для предупреждения дальнейшего разрушения сооружения необходимо немедленное вмешательство человека.

Таким образом, актуальность данной проблематики говорит сама о себе. Решением данной проблемы является разработка универсальных методов и уникальных средств ориентированного контроля зданий; предъявление к контролируемым объектам четких требований, а к средствам контроля – максимальной гибкости в использовании и возможности автоматизации при их эксплуатации.

**Анализ публикации и разработок по теме.** Существует большое количество контактных и бесконтактных методов ориентированного контроля различных строительных объектов, в том числе зданий и сооружений, совокупность средств, опирающихся на данные методы. Однако, мобильные средства, соответствующие всем предъявляемым к ним требованиям по реализации поставленной задачи имеют характерную закономерность “цена–качество”. Помимо этого многие средства опираются на несовершенные методы, в

некоторых случаях требующих большой трудоемкости, – как результат, контролируемые параметры имеют значительные расхождения с их действительными значениями.

**Постановка задачи исследования.** Опираясь на существующие методы и средства пространственного контроля объектов разработать общую схему контроля зданий и сооружений соответствующую следующим требованиям:

–схема контроля должна обеспечить измерение смещения и разворотов здания в целом и отдельных его частей в принятой системе координат;

–обеспечивать определение абсолютных величин деформации относительно отдельных частей здания;

–должна обеспечить снятие показаний в автоматическом режиме, с последующей обработкой статистической информации и дальнейшим прогнозированием состояния объекта контроля;

–точность контролируемых параметров не должна уступать точности существующих средств пространственного контроля объектов, а погрешность методов не должна превышать погрешности существующих методов пространственного контроля объектов;

–общая схема контроля должна обладать гибкостью и мобильностью.

**Результаты исследований.** Пространственное положение строящихся и уже построенных сооружений в основном определяется геодезическими методами и средствами, включающими в себя как составную часть наблюдения за деформациями[3]. Однако обособленные средства призваны выполнять лишь ограниченные своим назначением функции, с невозможностью либо сложностью автоматизации функционирования. Необходимость разработки и внедрения методов и средств ориентированного контроля зданий определяется исходя из следующих соображений:

–повышением производительности текущего ориентированного контроля зданий;

–достижением снижения трудоемкости проведения комплекса мероприятий по измерению с последующей обработкой результатов измерений;

–выполнением текущего контроля конструктивно сложных объектов;

–функционированием комплекса средств при неблагоприятных метрологических условиях;

–введением в средства контроля информационной логической единицы, позволяющей производить сравнение текущих конструктивных параметров с их нормативными значениями.

Общая схема комплекса работ по изучению деформации сооружения (рисунок 1) [3] дает полное представление о мероприятиях, необходимых для ориентированного контроля сооружений.

Мероприятия, отображенные в схеме, выполняются поэтапно; с точки зрения их организации можно условно разделить на два этапа: проектно– расчетные работы, связанные с проектированием сооружения и расчетом значений допустимых деформаций и работы, связанные с ориентированным контролем.

Введением в схему исследования деформации сооружений элементов контроля нагрузок на здание и отдельные его части существенно увеличивается полнота сведений о его текущем состоянии.

Общая структура системы ориентированного контроля сооружений схематично представлена на рисунке 2.

Информация о контролируемых параметрах извлекается с помощью средств контроля. На этапе выбора технических инструментов данной категории необходимо обеспечить гибкость их использования и возможность автоматизации их функционирования. Кроме того, необходимо обеспечить линию связи с логическим ядром и протокол передачи данных. Для автоматизации исследования деформаций зданий предложено введение в схему

измерения электрооптического сканирующего элемента, выполняющего функции сканера с определением относительных координат контролируемых марок.

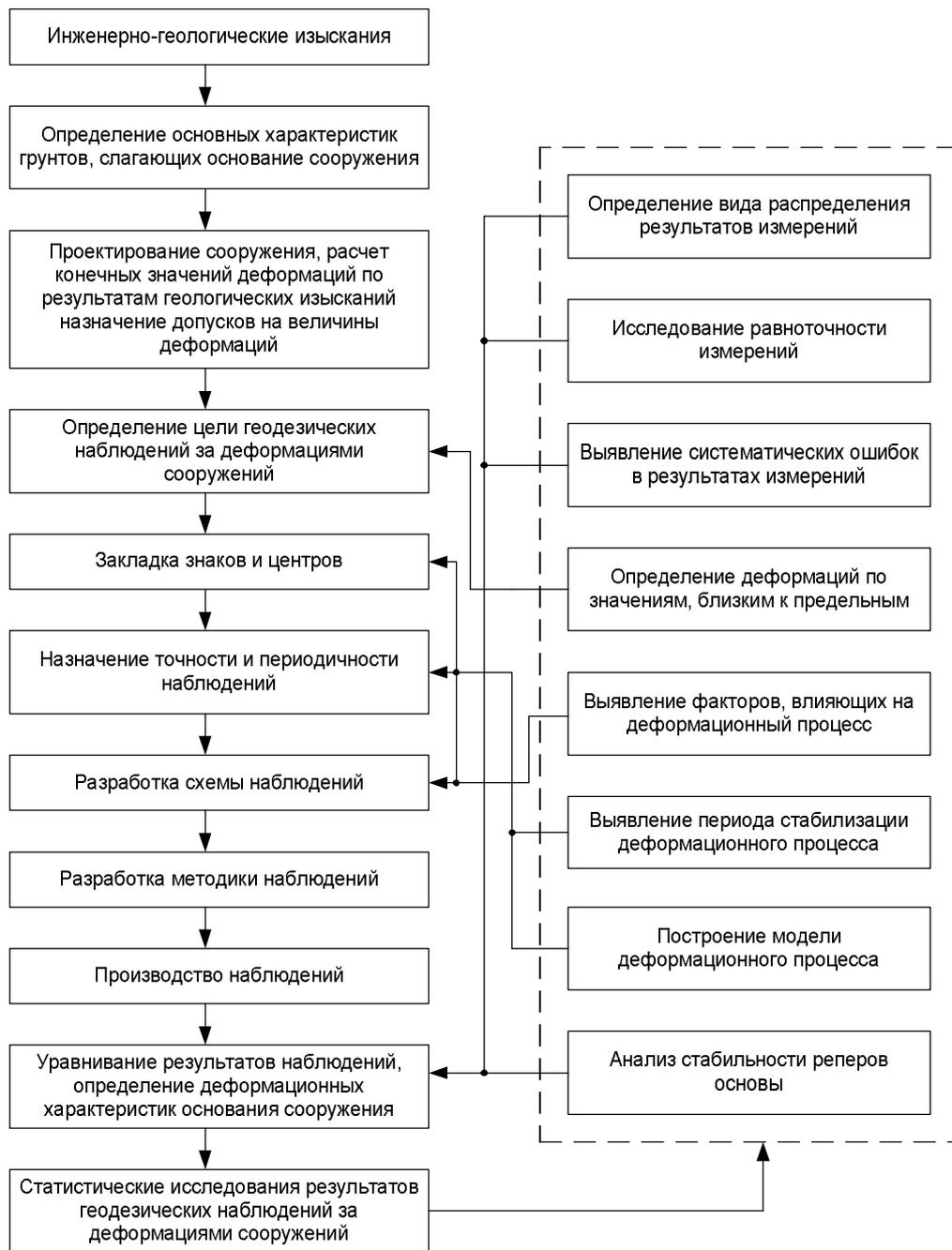


Рисунок 1 – Общая схема исследования деформации сооружения

В состав интеллектуальной части обеспечения методов и средств ориентированного контроля зданий входит комплекс элементов и инструментов. Таблица данных, которая представляет собой базу данных и содержит полную информацию о строительных объектах. Информация изначально заложена на основании строительных норм и правил и для конкретного типа сооружения содержит уникальную информацию. Гибкость данного элемента обеспечивается возможностью корректировки отдельных параметров со стороны наладчика при установке средств пространственного контроля зданий на основании технического задания по проектно- расчетным данным.

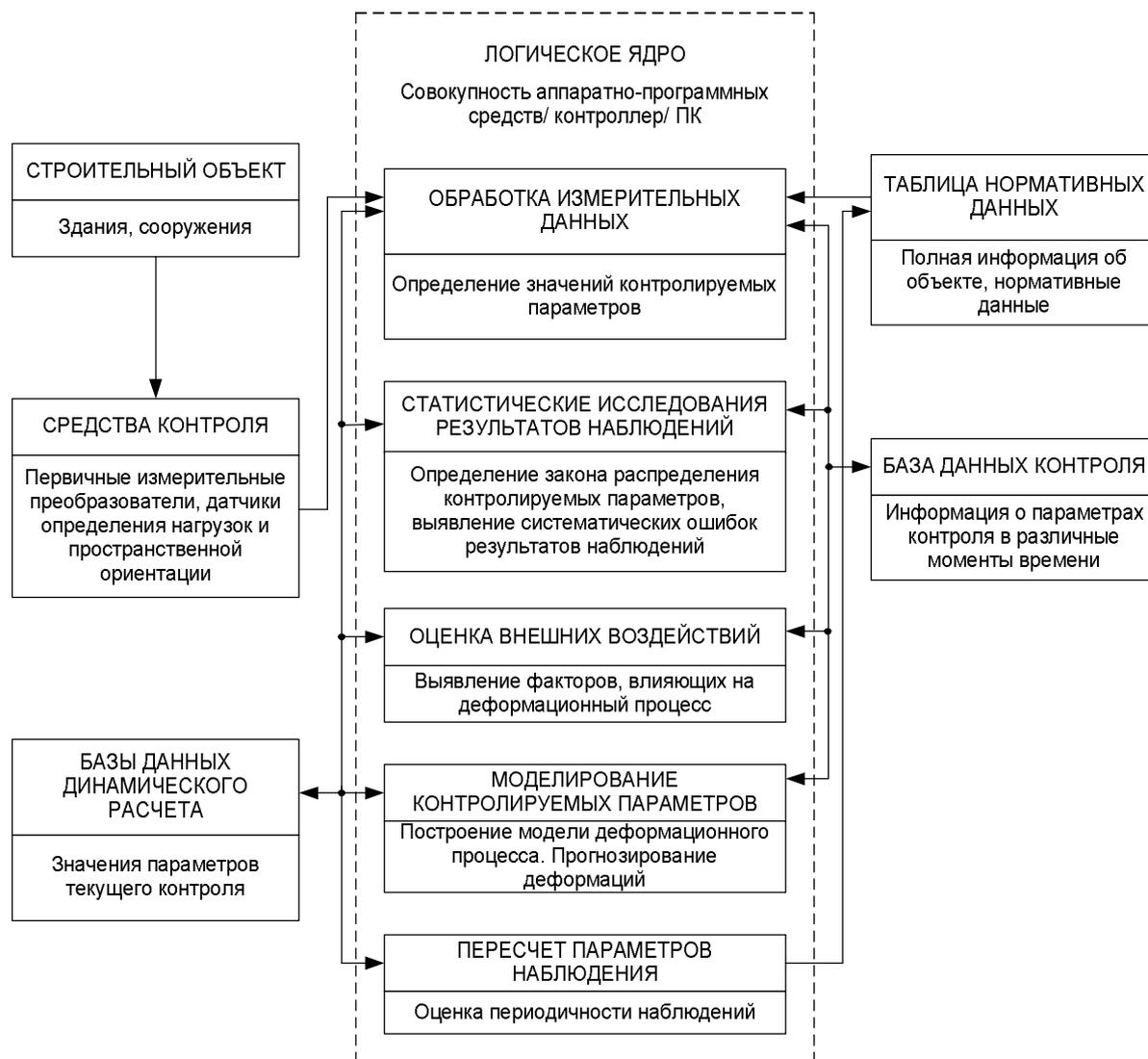


Рисунок 2 – Структура системы ориентированного контроля зданий

Данные, формирующие базу знаний о контролируемом объекте, сгруппированы в зависимости от наименования и конструктивных особенностей сооружений, содержат сведения по отдельным деформациям оснований (допустимые максимальные и средние абсолютные осадки сооружений, допустимые относительные осадки), нормативную нагрузочную способность и прочие показатели. В общем случае параметры осадок для определенных типов сооружений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Предельные деформации различных конструкций

Наименование и конструктивные особенности сооружений	Предельные деформации оснований			
	вид	величина, см	вид	величина, см
1	2	3	4	5
Производственные и гражданские многоэтажные здания с полным каркасом: железобетонные рамы без заполнения	максим. осадка	8	относит. разность осадок	0,002

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
стальные рамы без заполнения	—  —	12	—  —	0,004
железобетонные рамы с заполнением	—  —	8	—  —	0,001
стальные рамы с заполнением	—  —	12	—  —	0,002
Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают дополнительные усилия от неравномерных осадок	—  —	15	—  —	0,006
Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из:				
крупных панелей	средняя осадка	10	относит. прогиб	0,0007
крупных блоков и кирпичной кладки без армирования	—  —	10	—  —	0,001
крупных блоков и кирпичной кладки с армированием или железобетонными поясами	—  —	15	—  —	0,0012
независимо от материала стен			крен в поперечном направл.	0,005
Высокие жесткие сооружения. Сооружения элеваторов из железобетонных конструкций:				
рабочее здание и силосный корпус монолитной конструкции, сблокированные на одной фундаментальной плите	—  —	40	поперечн. и продольн. крены	0,003
рабочее здание и силосный корпус сборной конструкции	—  —	30	—  —	0,003
отдельно стоящее рабочее здание	—  —	25	поперечн. крен	0,003
отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции	—  —	40	—  —	0,004
отдельно стоящий силосный корпус сборной конструкции	—  —	30	—  —	0,004
Прочие высокие (до 100 м) жесткие сооружения	—  —	20	—  —	0,004

Инструментом обращения к базе данных является структурированный язык запросов, обращающийся к базе данных в ходе получения измерительной информации, сравнения, анализа, записи и прогнозирования состояния сооружения.

Логическое ядро представляет собой совокупность программно-аппаратных средств, направленных на получение, извлечение, обработку информации о контролируемых параметрах, а также прогнозирования состояния сооружений и может быть построено как на основе микроконтроллеров, так и на основе ПК.

Обработка результатов серии обособленных наблюдений опирается на средства и аппарат математической статистики. Математическая обработка результатов позволяет определить закон распределения деформаций, которым подвержено сооружение, извлечь численные данные деформационных характеристик сооружения в целом и отдельных его

частей, оценить достоверность полученных результатов наблюдений, выявить зависимость между деформациями и обуславливающими их причинами, прогнозировать деформационные характеристики сооружения [3].

Определение осадки фундамента сооружения в момент времени  $t$  может быть вычислено по следующей формуле [5]:

$$S_t = S_k \left(1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\xi \cdot t}\right), \quad (1)$$

где  $S_k$  — конечная осадка;  $e$  — основание натуральных логарифмов;  $\xi$  — коэффициент, зависящий от свойства грунта, основания и других условий.

Преобразовав (1) к виду (2), можно для различных моментов времени, например,  $t_0, t_1, t_2$  решать систему двойных уравнений (3).

$$\frac{1}{\eta} - (H_0 - H_t) = C e^{-\xi \cdot t}, \quad (2)$$

где  $\frac{1}{\eta} = (S_k - S_0)$  — неизвестный параметр;  $S_0, H_0$  — осадка основания и отметка осадочной марки соответственно в момент времени  $t_0$ .

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{(1 - e^{-\xi \cdot (t_1 - t_0)})}{(H_1 - H_0)} = \frac{(1 - e^{-\xi \cdot (t_2 - t_0)})}{(H_0 - H_2)}; \\ \xi &= \frac{-\ln[1 - \eta(H_0 - H_1)]}{(t_1 - t_0)} = \frac{-\ln[1 - \eta(H_0 - H_2)]}{(t_2 - t_0)}. \end{aligned} \quad (3)$$

**Выводы.** Разработка и внедрение систем ориентированного контроля зданий, методов и средств позволяют значительно увеличить производительность мероприятий, направленных на исследование деформации строительных объектов, снижая трудоемкость манипуляций, необходимых для проведения единичных замеров и дальнейшей обработки результатов. Ядро системы обладает обширным набором функций, начиная от приема и обработки информации и заканчивая прогнозированием аварийных состояний строительных объектов.

#### Литература

1. Исаков Э.Х. Исследование крена минаретов исторических памятников архитектуры с учетом изгиба и кручения // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1991. — № 2. — С.19-23.
2. Шаршавицкий Л.В. Система измерения пространственных смещений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1991. — № 6. — С.37-41.
3. Николаев С.А. Статистические исследования осадок инженерных сооружений. — М.: Недра, 1983, — 112с.
4. Сытник В.С., Ключин А.Б. Геодезический контроль точности возведения монолитных зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1981. — 119с.
5. Ганьшин В.Н., Коськов Б.И., Репалов И.М. Геодезические работы при реконструкции промышленных предприятий. — М.: Недра, 1990. — 149с.