

УДК 621.317

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АЭС

К. т. н. Е. А. Пономарева, к. т. н. И. В. Рыжков, Е. А. Бауск

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры  
Украина, г. Днепропетровск  
pricmech@mail.ru

*Рассматривается построение информационно-измерительной системы контроля крена здания реакторного отделения АЭС, которая позволит получать полную информацию о техническом состоянии элементов, конструкций и здания в целом, оптимизировать планирование и ведение технического обслуживания и ремонта строительных конструкций, а также зданий и сооружений АЭС в целом.*

*Ключевые слова: контроль, АЭС, безопасность, крен здания, реакторное отделение.*

Сегодня как никогда остро стоит вопрос повышения безопасности эксплуатации АЭС. В последнее время был разработан и воплощен в жизнь ряд мер, которые должны предотвратить любые аварии в украинской атомной энергетике. Работами в данной области занимается и лаборатория исследования атомных и тепловых электростанций Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, которой совместно с Приднепровским научно-образовательным институтом инновационных технологий в строительстве был проведен анализ безопасности стабилизации крена здания реакторного отделения энергоблока №1 и уклона фланца главного разъема реактора Запорожской АЭС.

Начиная с момента пуска энергоблока №1 Запорожской АЭС в эксплуатацию, параллельно с наблюдениями за осадками обстройки реакторного отделения № 1 (РО-1) проводились измерения уклона фланца главного разъема реакторной установки. На рис. 1 приведены результаты измерений уклонов фланца, характеризующие нарастание уклона по основным точкам.

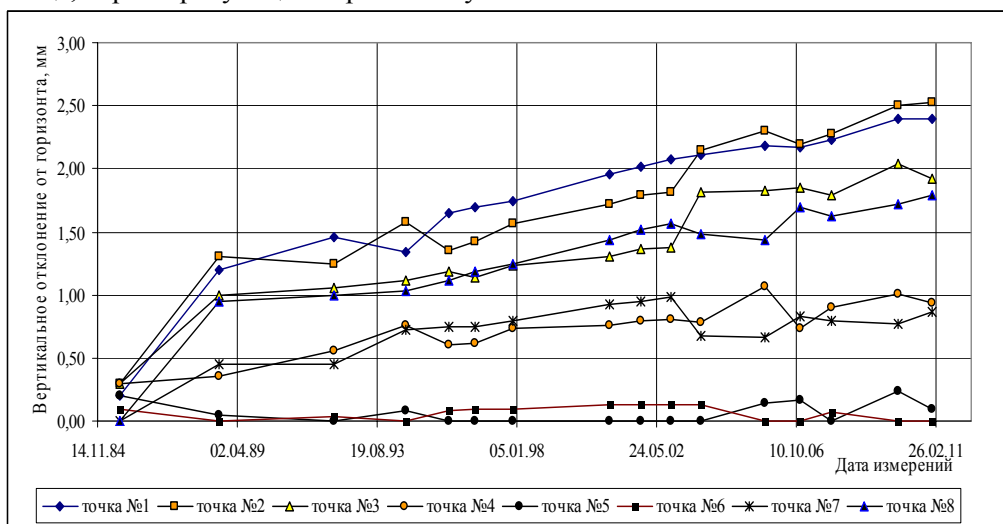


Рис. 1. Графики изменения измеренного значения уклона фланца реактора энергоблока №1 по точкам

В процессе эксплуатации всех без исключения реакторных отделений происходит нарастание во времени их средних осадков и кренов, однако в нормативных документах нет достаточно четких расчетных схем, позволяющих определять процессы нарастания кренов реакторных отделений во времени. Усугубляющим фактором является также изменение физико-механических характеристик грунтового основания РО в результате техногенного воздействия при эксплуатации [1—4].

Необходимость разработки проекта информационно-измерительной системы (ИИС) обусловлена продолжающимся нарастанием крена реакторного отделения здания РО-1 и тем, что уклон фланца главного разъема реакторного аппарата энергоблока № 1 Запорожской АЭС достиг предельных значений. Необходимость в проведении подобных работ также вызвана внесенными в нормативные документы по проектированию реакторных отделений АЭС в последние годы дополнительными требованиями к методике инженерно-геологических изысканий и методам расчета грунтовых оснований. Внедрение ИИС на энергоблоке № 1 позволит оперативно контролировать состояние грунтового основания здания РО-1 по параметру «крен».

Реализация запроектированной ИИС позволит также обеспечить постоянный контроль крена реакторного отделения при проведении работ по стабилизации путем формирования контргруза.

В соответствии с техническим заданием проведен анализ условий расположения компонентов проектируемой системы контроля, выработаны технические требования к компонентам системы контроля, в частности к первичным преобразователям данных (сенсорам), и к топологии ИИС.

Выбор конфигурации ИИС обусловлен результатами анализа совместных наблюдений за осадками и кренами реакторных отделений и измерений уклонов фланцев главного разъема реактора.

Оценка влияния осадок и крена здания РО на положение реакторного аппарата энергоблока №1 выполнена по результатам корреляционного анализа параметров осадочной плоскости РО-1 и плоскости фланца реактора. При выборке параметров принят единый начальный цикл измерений, а сами измерения отсортированы по ближайшим датам.

Математически отмеченная связь обосновывается коэффициентом корреляции Пирсона. Коэффициент корреляции, вычисленный по данным натурных наблюдений и измерений по энергоблоку № 1, составляет  $R_{i,j}=0,994$ , т. е. отклонение параметров плоскости фланца реактора от осадочной плоскости здания РО-1 составляет менее 1%. Таким образом, связь между параметрами абсолютно устойчивая. Эта связь используется для перехода от прогнозирования крена здания РО-1 к прогнозу уклона фланца главного разъема реактора.

Предварительным концептуальным проектированием системы контроля кренов РО и фланца реактора предусмотрена установка четырех идентичных датчиков крена в районе отметки 13,200 по четырем квадрантам относительно центральной оси (рис. 2).

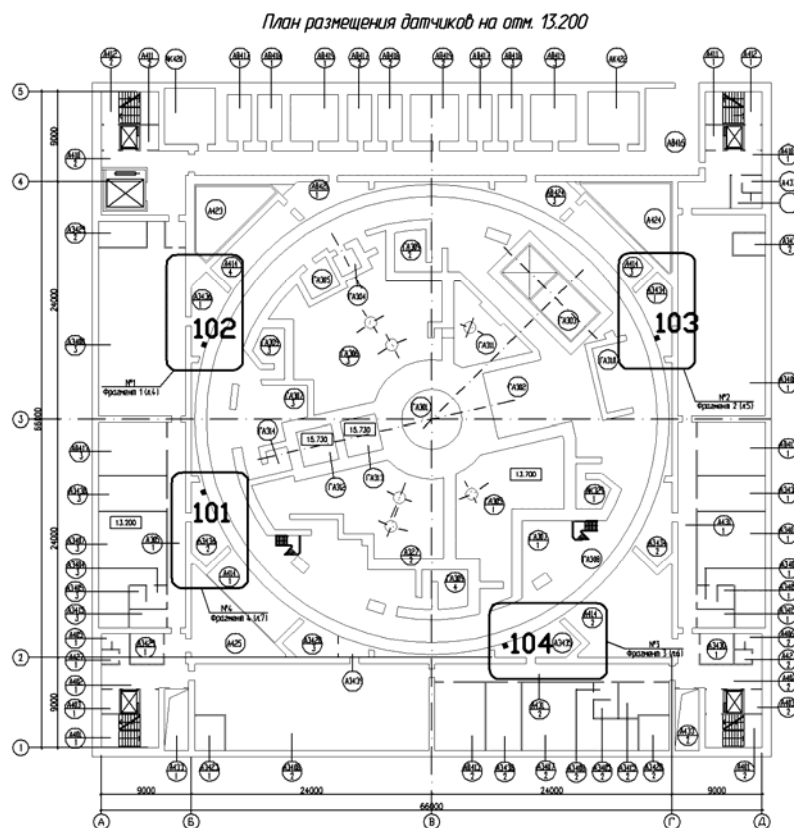


Рис. 2. Документ установки датчиков крена РО-1

Был произведен сбор данных о технических характеристиках датчиков крена (инклинометров) и выбрана конфигурация системы контроля крена РО и фланца реактора энергоблока №1 ОП ЗАЭС. Проектируемая система контроля построена на базе оборудования фирмы Leica, рис. 3.

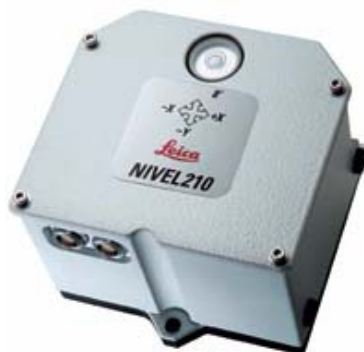


Рис. 3. Внешний вид датчика Leica Nivel

Анализ условий расположения компонентов, топологии системы контроля и условий работы первичных преобразователей позволяет выделить следующие основные требования к предполагаемой конфигурации:

- датчики системы контроля должны выдерживать диапазон рабочих температур, соответствующий наружному использованию в климатических условиях умеренного климата;
- датчики должны быть устойчивы к мелким механическим воздействиям и случайным повреждениям в ходе эксплуатации;
- датчики должны иметь механически прочный корпус;
- должен быть предусмотрен монтаж датчиков (первичных преобразователей) на вертикальные поверхности железобетонных конструкций;
- чувствительность первичного преобразователя должна составлять не более 5 мкрад;
- диапазон работы первичного преобразователя должен составлять не менее 1,5 мрад в обе стороны;
- датчик должен регистрировать уклон по обоим осям;
- должна быть предусмотрена возможность автономной работы датчиков с записью информации в выделенное для каждого датчика устройство считывания на протяжении длительного времени;
- топология проектируемой системы должна обеспечивать связь по проводному каналу связи с центральным устройством управления и обработки данных на расстоянии не менее 20 м между центральным устройством управления и обработки данных и каждым из датчиков.

Информационная система контроля крена здания реакторного отделения АЭС реализуется на базе переносной ЭВМ с установленным программным обеспечением. Данный программно-аппаратный комплекс позволяет производить настройку датчиков, калибровку и установку нулевой точки отсчета, считывание и хранение данных измерений. Устройство управления и считывания данных не устанавливается стационарно, а подключается к датчикам-инклинометрам по мере необходимости в соответствии с планом наблюдений за креном фланца реактора.

В процессе исследований получены следующие результаты.

- Определены контролируемые параметры, характеризующие работоспособность здания, конструкций и элементов РО. Разработаны требования к системе контроля с учетом требований НД Украины с учетом новых требований времени и опыта.
- Разработан проект установки технических средств (датчиков), произведена их установка и снятие показаний.
- Разработана, опробована и прошла верификацию компьютерная программа, позволяющая проводить:
  - тестирование работоспособности технических средств (датчиков);
  - опрос всех технических средств (датчиков) и сбор информации;
  - перевод измеренных величин в контролируемые параметры, приводить их в наглядный вид, отображать и сигнализировать об их изменениях и тенденциях развития деформаций (деградационных процессов);

- оценку технического состояния элементов, конструкций и здания в целом;
- прогнозирование деградационных процессов и определение срока безопасной работы для условий нормальной эксплуатации, запроектных аварий и максимально возможных воздействий;
- подготовку отчетов по выполненным операциям.

С помощью уже функционирующей компьютерной системы для сбора, обработки и анализа данных о состоянии строительных конструкций и зданий проводится своевременная диагностика и анализ состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Ведется обработка и подготовка стандартных отчетов о состоянии строительных конструкций.

Реализация проекта даст возможность специалистам АЭС поддерживать надежность важных для безопасности строительных конструкций здания РО-1 на должном уровне путем своевременного обнаружения «слабых мест», начала деформационных и деградационных процессов и принятия (в случае необходимости) адекватных корректирующих мероприятий.

Анализ опыта эксплуатации, включая анализ «обратной связи», станет неотъемлемой частью будущей системы контроля за состоянием строительных конструкций, зданий и сооружений на протяжении всего срока эксплуатации АЭС.

Система контроля позволит получать полную информацию о техническом состоянии элементов, конструкций и здания в целом, началах изменения состояния, деформационных и деградационных процессов, своевременно принимать соответствующие меры по поддержанию (восстановлению) работоспособного состояния, оптимизировать планирование и ведение технического обслуживания и ремонта строительных конструкций, а также зданий и сооружений АЭС в целом.

Информационно-диагностическая система позволит:

- проводить анализ технического состояния зданий и сооружений;
- прогнозировать поведение (работоспособность состояния) и определять остаточный ресурс здания с течением времени для условий нормальной эксплуатации, запроектных аварий и максимально возможных воздействий;
- проводить сбор (накопление) данных и выдавать информацию для анализа по каждому контролируемому элементу (параметру) за установленный период времени;
- вести историю эксплуатации, количества установленной на АЭС действующей контрольно-измерительной аппаратуры, проводить проверку ее работоспособности; систематизировать сведения о ремонтах, авариях.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. ГОСТ 26291-84.— Надежность атомных станций и их оборудования. Основные положения и номенклатура показателей. Переиздание 1987.
2. ГОСТ 24846-81.— Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений.
3. Вимоги до програми забезпечення якості на всіх етапах життєвого циклу ядерних установок: НП 306.5.02/3.017-99.
4. Общие требования к продлению эксплуатации энергоблоков АЭС в сверхпроектный срок по результатам выполнения периодической переоценки безопасности: НП 306.2.099-2004.

---

E. A. Ponomaryova, I. V. Ryzhkov, E. A. Bausk

#### **Development of the information-measuring system for the control of the nuclear heating plant's building structures.**

The authors consider the information-measuring control system of monitoring of heel of reactor compartment building of a nuclear heating plant, which would allow to obtain complete information about the technical state of elements, constructions and the building as a whole, to optimize maintenance planning and the maintenance itself, as well as the repair of building structures, and also buildings and constructions of the nuclear heating plant as a whole.

Keywords: *control, APS, safety, building heel, reactor separation*