

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЭНЕРГБЛОКА АЭС С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ РАСТЯЖЕНИЯ, ДЕФОРМАЦИИ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Зверев М. С., Голованов Д. А., Матвеев А. И., Коряшкин А. С.

*ОАО НИИ "Контрольприбор", Пенза
Пенза, Россия (440049, г. Пенза, ул. Мира 60), niikp-sura@sura.ru*

Рассмотрена информационно-измерительная система, предназначенная для контроля напряженно-деформированного состояния (целостности) защитной оболочки энергоблока АЭС. Приведено описание системы и ее актуальности. Целостность защитной оболочки характеризуется четырьмя параметрами: растяжение, деформация, перемещение и температура. Измерение соответствующих параметров производится струнными измерительными преобразователями, вмонтированными в тело защитной оболочки. Описывается структура системы, которая включает измерительные датчики, измерительную аппаратуру и программное обеспечение. Измерительная аппаратура позволяет снимать показания с измерительных датчиков системы и передавать данные для обработки и визуализации в программное обеспечение системы. Представлен пример измерений системы при испытании защитной оболочки энергоблока АЭС.

Ключевые слова: система обеспечения безопасности, защитная оболочка, сила растяжения, деформация, струнные измерительные преобразователи, датчики.

INTEGRITY MONITORING SYSTEM OF CONTAINMENT OF NPP BY MEANS OF MEASUREMENT OF FORCE OF STRETCHING, DEFORMATION, RELOCATION AND TEMPERATURE

Zverev M. S., Golovanov D. A., Matveev A. I., Koryashkin A. S.

*OJSC SRI Kontrolpribor, Penza
Penza, Russia (440049, Penza, st. Mira, 60), niikp-sura@sura.ru*

Information-measuring system intended for the control is intense-deformed condition (integrity) of a containment of NPP. The description of system and its urgency is resulted. Integrity of containment is characterised by four parametres: a stretching, deformation, relocation and temperature. Measurement of corresponding parametres to be made by the string measuring transducer built in body of a containment. The structure of systems which includes measuring transducer, measuring equipment and software is described. The measuring equipment allows to take readings from measuring transducer of system and to transfer data for processing and visualisation in the software of system. The example of measurements of system is presented at test of containment NPP.

Keywords: system of support of safety, a containment, force of stretching, deformation, string measuring transducer, sensors.

Защитная оболочка (рисунок 1) энергоблока АЭС представляет собой строительную конструкцию с необходимым набором герметичного оборудования для транспортировки грузов при ремонте и прохода через оболочку трубопроводов, электрокабелей и людей (люки, шлюзы, герметичные проходки труб, кабелей и т.д.) и совмещает локализующие функции в случае возникновения аварийных ситуаций с функциями восприятия внешних климатических воздействий. Проектный срок службы многих защитных оболочек истекает, в

связи с этим в настоящее время вопрос о продлении их сроков службы приобретает все большую актуальность. Для оценки возможности продления срока службы защитной оболочки в первую очередь необходима информация о состоянии оболочки на данный момент времени и прогноз состояния на будущее. Одним из важнейших моментов в оценке состояния является проведение расчета напряженно-деформированного состояния (целостности) защитной оболочки и прогноз его изменения. В частности, факторами, влияющими на состояние защитной оболочки, являются деформации ползучести бетона, силы растяжения бетона и перемещения частей оболочки, что обусловлено температурными и механическими воздействиями. В количественном отношении определить величину ползучести бетона, силы растяжения, перемещения и температурные воздействия можно с помощью системы контроля целостности защитной оболочки энергоблока АЭС (далее – система "Струна"). Система "Струна" позволяет контролировать внутреннюю деформацию, растяжение, перемещение и температуру защитной оболочки.

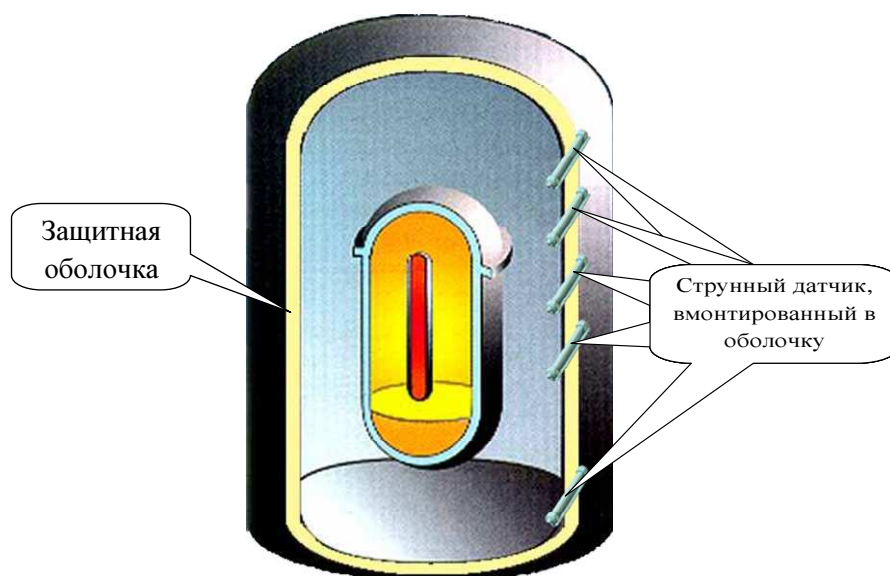


Рисунок 1. Защитная оболочка энергоблока АЭС

Измерение напряженно-деформированного состояния защитной оболочки проводится с помощью датчиков – струнных измерительных преобразователей (далее – СИП). СИПы монтируются в тело оболочки на этапе строительства и располагаются в четырех вертикальных створах с небольшим смещением от осей и, как правило, в нескольких сечениях по высоте цилиндра защитной оболочки [1].

Струнные измерительные преобразователи, входящие в систему "Струна", различаются по виду и определяют измеряемую величину: ПСАС (ПСАС-20, ПСАС-28, ПСАС-40), ПЛДС, ПЛПС и ПТС. ПСАС (рисунок 2а) – преобразователи силы арматурные,

измерительные струнные – предназначены для измерения растягивающих сил в арматуре железобетонных элементов [2]. Диапазон измеряемых величин: от 0 до 320 кН (ПСАС-40), от 0 до 80 кН (ПСАС-20), от 0 до 160 кН (ПСАС-28). ПЛДС (рисунок 2б) – преобразователи линейных деформаций измерительные струнные – предназначены для измерения относительных линейных деформаций бетонных элементов [3]. Диапазон измерения: относительные линейные деформации сжатия от 2000 до 500 млн⁻¹. ПТС (рисунок 2в) – преобразователи температуры измерительные струнные – предназначены для измерения температуры [4]. Диапазон измеряемых величин от -20 до +60 °С. ПЛПС (рисунок 2г) – преобразователи линейных перемещений измерительные струнные – предназначен для измерения линейных перемещений элементов энергетических сооружений [5]. Диапазон измеряемых величин: взаимные перемещения элементов от 2 до 40 мм.

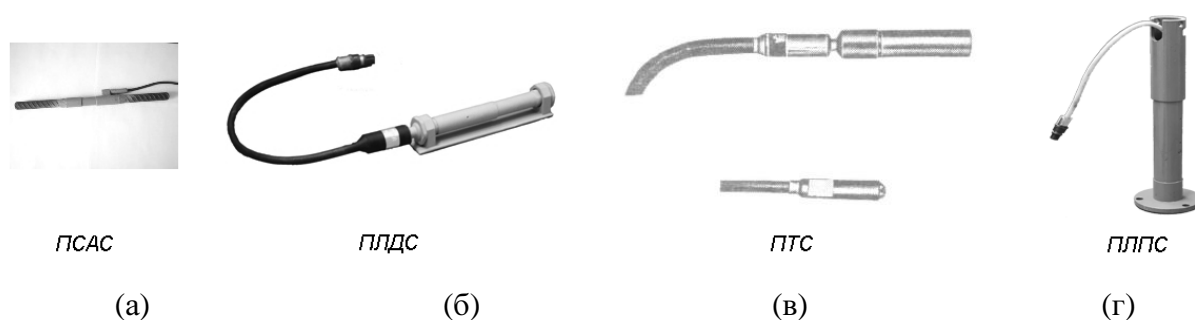


Рисунок 2. Струнные преобразователи системы

Информативным параметром выходного сигнала СИП является период (частота), который измеряется набором системной логики, входящей в состав системы. Период сигнала, выдаваемого струнным преобразователем, зависит от условий и внешних воздействий, влияющих на защитную оболочку энергоблока. Каждый СИП имеет индивидуальную функцию преобразования для вычисления физической величины. Рассчитанная физическая величина прямо отражает состояние защитной оболочки.

При введении в эксплуатацию энергоблока проводится испытание защитной оболочки на прочность, целостность и герметичность. При этом давление внутри защитной оболочки нагнетается от 0 кгс/см² до 4.7 кгс/см² (максимально возможное избыточное давление при аварии) и сброс до 0 кгс/см². Изменение физической величины струнных преобразователей при испытаниях на целостность, а именно напряженно-деформированного состояния защитной оболочки, можно наблюдать на рисунке 3.

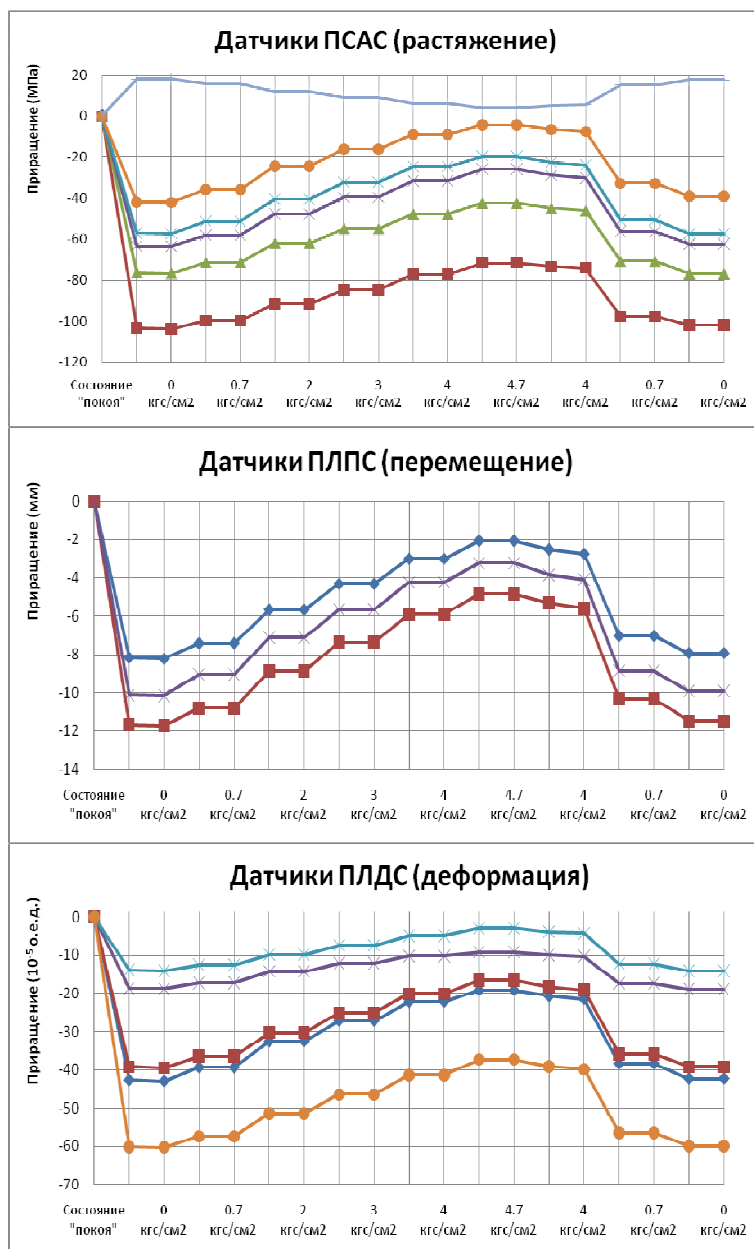


Рисунок 3. Измерения показаний СИП при испытании энергоблока

Первая точка соответствует состоянию "покоя" датчика – нулевое состояние датчика, установленного в защитную оболочку строящегося энергоблока. "0 кгс/см²" - состояние "покоя" защитной оболочки, когда энергоблок функционирует в штатном режиме. "0.7 – 4 кгс/см²" – надув защитной оболочки от 0 до 4 кгс/см². "4.7 кгс/см²" – максимальное возможное избыточное давление при аварии. В таком состоянии показания датчиков стремятся к своему состоянию "покоя", так как защитная оболочка максимально нагружена. Разница в показаниях датчиков при давлении 4.7 кгс/см² и состоянием "покоя" датчиков называется запасом прочности защитной оболочки.

Измерительная аппаратура системы предназначена для оперативного сбора измеряемой информации по цифровым каналам и последующей выдачи собранной информации в программные модули на ПЭВМ оператора.

Информационным и управляющим компонентом системы является программная часть, которая состоит из ПЭВМ пользователя и установленного программного обеспечения. Программные модули системы осуществляют сбор, накопление и представление измеренной информации, а также расчет физических величин по индивидуальным характеристикам датчиков.

Программа осуществляет мониторинг измерений СИП. Система содержит до 256 измерительных каналов СИП. Опыт станций показывает, что в оболочку обычно монтируется не более 200 струнных датчиков. Измерительная характеристика канала – сопротивление канала (для контроля состояния измеряемого канала), сопротивление датчика (для контроля состояния датчика) и период (для расчета физической величины, выдаваемой датчиком). Программа связана с информационной базой данных, осуществляющей хранение измеренной и рассчитанной информации. Программные модули находятся на персональной машине оператора и представляют измеряемую информацию в режиме реального времени.

Система "Струна" установлена и успешно функционирует на Калининской АЭС э/блоке № 1, 2 и 3 и Ростовской АЭС э/блоке № 1 и 2. Система позволяет проводить периодическую оценку целостности защитной оболочки энергоблока АЭС с использованием показаний струнных измерительных преобразователей, смонтированных в защитную оболочку.

Список литературы

1. ГОСТ 8.508-84: "Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП".

2. Преобразователи силы арматурные модернизированные [Электронный ресурс]. URL: http://www.niies.rushydro.ru/works_services/diagnostic_tools/6444.html (дата обращения: 20.01.2012).

3. Преобразователи линейных деформаций измерительные струнные [Электронный ресурс]. URL: http://www.niies.rushydro.ru/works_services/diagnostic_tools/6445.html (дата обращения 20.01.2012).

4. Преобразователи температуры измерительные струнные [Электронный ресурс]. URL: http://www.niies.rushydro.ru/works_services/diagnostic_tools/6446.html (дата обращения 20.01.2012).

5. Преобразователи линейных перемещений измерительные струнные [Электронный ресурс]. URL: <http://www.microfor.ru/dv2tsa.htm> (дата обращения 20.01.2012).

Рецензенты:

Бодин О. Н., д.т.н., профессор кафедры "Информационно-измерительная техника" ФГБОУ ВПО "Пензенский Государственный университет", г. Пенза.

Громков Н. В., д.т.н., профессор кафедры "Нано и микроэлектроники" ФГБОУ ВПО "Пензенский Государственный университет", г. Пенза.