

## О ВОЗМОЖНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК БЛОКОВ РЕАКТОРНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ АЭС

Ю.И. Пимшин, Ю.С. Забазнов

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета (МИФИ), Волгодонск, Ростовская обл.*

В работе рассмотрена теоретическое решение оценки технического состояния ЗГО. Предложено решение штатной системы, предназначенной для определения и оценки напряженно деформированного состояния защитных герметичных оболочек в период приёма-сдачи и эксплуатации.

*Ключевые слова:* защитная герметичная оболочка, техническое состояние, преднапряжение, испытание, контроль, мобильная геодезическая диагностическая система, оценка напряженно деформированного состояния.

Контроль геометрических параметров оболочки выполняют поэтапно, при этом геодезическое обоснование создается с привязкой к осям или образующим капитальных строительных конструкций защитной герметичной оболочки 1, 2 или конструктивных элементов технологического оборудования установленного в гермообъеме. В *процессе контроля* внутренние и (или) внешние геометрические параметры преднапрягаемой части 2 защитной герметичной оболочки определяют расстояние между контрольно-измерительными 5 устройствами и контролируемыми точками 3 во внешнем измерительном канале [1, 2], и электронным тахеометром (например, SOKKIA NET05AXII, на *фиг.* не обозначен) и контрольными точками 3 во внутреннем измерительном канале на этапах после полного возведения герметичной защитной оболочки 1, 2, после выполнения полной программы напряжения преднапрягаемой части 2 оболочки, при испытании преднапрягаемой части 2 на этапе создания максимального внутреннего давления и в последствии при эксплуатации в период каждого планового предупредительного ремонта ( $A_0$ ,  $A_{\text{преднапряж}}$ ,  $A_{\text{испытан}}$ ,  $A_{\text{экспл}(i)}$ ). По полученным поэтапным результатам определяют величины перемещений контролируемых точек 3

$$\delta_{\text{обж}} = A_{\text{обж}} - A_0,$$

где  $A_0$ ,  $A_{\text{обж}}$  – измеряемые параметры исследуемых точек 3 на этапах полного возведения оболочки, завершения преднапряжения и при испытании на этапе набора максимального давления;

$\delta_{\text{обж}}$  – соответствующие межэтапные параметры перемещения исследуемых точек 3;

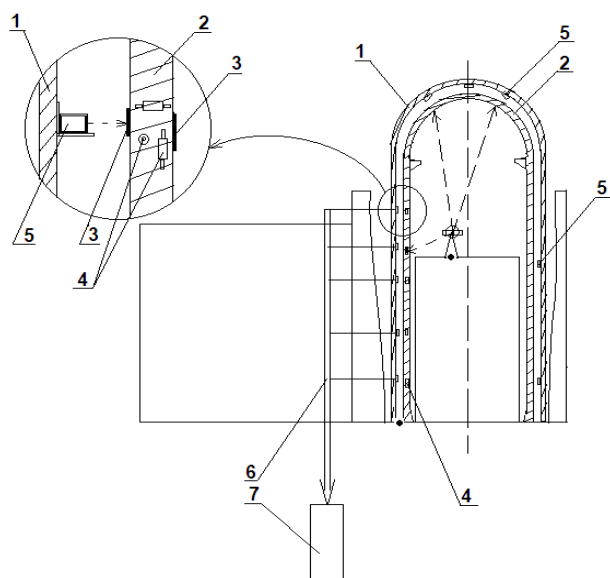


Рисунок 1 – Схема размещения системы контроля в двухслойной защитной оболочке

и определяют коэффициент запаса прочности строительных конструкций защитной герметичной оболочки,

$$K_{исх} = (\delta_{обж} / \delta_{испыт}),$$

$$K_{текущ(i)} = [\delta_{обж} + (\delta_{экспл(1)} + \sum_{2}^n \delta_{экспл(i)})] / \delta_{испыт},$$

где  $K_{исх}$  – коэффициент запаса прочности, определенный по результатам реализации этапов преднапряжения и испытания преднапрягаемой части 2 оболочки;

$K_{текущ(i)}$  – коэффициент запаса прочности, определенный по результатам реализации  $i$  этапов на стадии эксплуатации преднапрягаемой части 2 оболочки.

При этом контролируемые точки 3 расположенные с внешней стороны преднапрягаемой части 2 оболочки примерно совмещают с сечениями где смонтированы блоки датчиков 4 (например, в качестве датчиков - используют струнные датчики деформаций в арматуре (ПСАС) модели IRHP-2000) встроенной системы контроля. Контролируемые точки 3 размещают только в безмоментных зонах цилиндра и купола в напрягаемой части 2 оболочки. Контрольно-измерительные устройства 5 (например, электронный измеритель расстояний Leica Disto X-310) размещают в тех же сечениях, размещая их на непреднапрягаемой 1 части оболочки, с внутренней ее стороны, на одной отметке с контрольными точками 3 и диаметрально противоположно им. Кроме того контрольно-измерительные устройства 5 посредством шин 6 соединяют с сервером 7. На этапах после полного возведения герметичной защитной оболочки, после выполнения полной программы ее напряжения, при испытании на этапе создания максимального внутреннего давления и в последствии при эксплуатации в период каждого планового предупредительного ремонта определяют расстояние между контрольно-измерительными устройствами 5 и контролируемыми точками 3 ( $A_0, A_{преднапряж}, A_{испыт}, A_{экспл(i)}$ ). По измеренным значениям вычисляют перемещения контролируемых точек 3, в свою очередь по этим значениям вычисляют коэффициенты запаса прочности  $K'_{текущ(i)}$  ( $K'_{исх}$ ),

$$K'_{исх} = (\delta_{обж} / \delta_{испыт}),$$

$$K'_{текущ(i)} = [\delta_{обж} + (\delta_{экспл(1)} + \sum_{2}^n \delta_{экспл(i)})] / \delta_{испыт},$$

где  $K'_{исх}$  - коэффициент запаса прочности определенный по результатам измерений геодезической системой при реализации этапов преднапряжения и испытания преднапрягаемой части 2 оболочки;

$K'_{текущ(i)}$  - коэффициент запаса прочности, определенный по результатам измерений геодезической системой при реализации  $i$  этапов на стадии эксплуатации преднапрягаемой части 2 оболочки.

Одновременно измеряют напряжения датчиками 4, установленными в окружной арматуре на цилиндрической части и, окружной и меридиональной арматуры в купольной части, встроенной системы контроля напряжений на тех же этапах ( $U_0$ ,  $U_{преднапряж}$ ,  $U_{испытан}$ ,  $U_{экспл(i)}$ ), по измеренным значениям напряжений вычисляют их межэтапное изменение,

$$\delta''_{обж} = U_{обж} - U_0,$$

где  $U_0$ ,  $U_{обж}$  – измеряемые напряжения по соответствующим датчикам встроенной системы на этапах полного возведения оболочки, завершения преднапряжения и при испытании на этапе набора максимального давления;

$\delta''_{обж}$  – соответствующие межэтапные параметры изменения напряжений в зонах размещения соответствующих датчиков встроенной системы.

В свою очередь по этим значениям вычисляют коэффициенты запаса прочности  $K''_{текущ(i)}$  ( $K''_{исх}$ ),

$$K''_{исх} = (\delta''_{обж} / \delta''_{испыт}),$$

$$K''_{текущ(i)} = [\delta''_{обж} + (\delta''_{экспл(1)} + \sum_{2}^n \delta''_{экспл(i)})] / \delta''_{испыт},$$

где  $K''_{исх}$  – коэффициент запаса прочности, определенный по результатам измерений встроенной системой при реализации этапов преднапряжения и испытания преднапрягаемой части 2 оболочки;

$K''_{текущ(i)}$  – коэффициент запаса прочности, определенный по результатам измерений встроенной системой при реализации  $i$  этапов на стадии эксплуатации преднапрягаемой части 2 оболочки.

Далее выполняют сравнение полученных коэффициентов

$$K'_{исх} - K''_{исх} \leq \varepsilon \text{ или } K'_{текущ(i)} - K''_{текущ(i)} \leq \varepsilon;$$

где  $\varepsilon$  – заданная величина допустимой разности коэффициентов;

соблюдение неравенств является надежной и объективной оценкой технического состояния напрягаемой части оболочки.

Предлагаемое техническое решение способа оценки эксплуатационной надежности двухслойной защитной герметичной оболочки реакторного отделения АЭС, обеспечивает независимый контроль технического состояния защитной оболочки на ее всех возможных жизненных этапах двумя системами в том числе штатной встроенной системой и геодезической системой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пимшин, Ю.И. Оценка деформированного состояния объектов по результатам геодезических измерений [Текст] / Ю.И. Пимшин, Ю.С. Забазнов, Г.А. Науменко // Научное обозрение. Москва, 2013. – С. 57.
2. Пат.2577555. Способ оценки эксплуатационной надежности защитной герметичной оболочки реакторного отделения АЭС [Текст] / Пимшин Ю.И., Ключин Е.Б., Губеладзе О.А., Забазнов Ю.С., Пимшин П.Ю; публ. 20.03.2016, Бюл. №8.

# About the Possible Approach to an Assessment of Technical Condition of Two-Layer Ferro-Concrete Covers of Blocks of Reactor Departments of NPP

Y.I. Pimchin<sup>1</sup>, Y.S. Zabaznov<sup>2</sup>

Volgodonsk Engineering Technical Institute the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,  
Volgodonsk, Rostov region

<sup>1</sup>yipimshin@mephi.ru

<sup>2</sup>YSZfbaznov@mephi.ru

**Abstract** – The paper deals with the theoretical solution of the assessment of the technical condition of ZGO. The decision of the regular system intended for determination and assessment of the stress-strain state of protective hermetic covers during acceptance and operation is offered.

**Keywords:** protective hermetic shell, technical condition, pre-stress, testing, control, mobile geodetic diagnostic system, assessment of stress-strain state.

УДК 528.48

## ПРИНЦИП РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОНТРОЛЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Ю.И. Пимшин<sup>\*</sup>, Ю.С. Забазнов<sup>\*</sup>, Г.А. Науменко<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.

<sup>\*\*</sup>Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону

В работе рассмотрена методик определения точности геодезических измерений в процессе мониторинга технического состояния объектов, при условии надежного определения значений деформационных характеристик в пределах нормативных допустимых величин.

**Ключевые слова:** деформация, измерение, ошибка измерения, измеряемый параметр, физико-механические свойства, допуск.

Рассмотрим геометрические признаки  $\varphi'_{(geom)}$  деформационных процессов с точки зрения порядка их назначения.

В процессе эксплуатации объекта на его оказывают влияние нагрузки и воздействия природного и техногенного характера  $\Delta\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл/факт)}$ . Причем данное воздействие, как правило, имеет негативный характер и неизбежно приводит к изменению (в сторону уменьшения) физико-механических свойств объекта

$$\varphi'_{(физ/мех)}^{(экспл/факт)} = \varphi_{(физ/мех)}^{(факт)} - \Delta\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл/факт)} \quad (1)$$

Учитывая выше сказанное, еще на стадии проектирования, устанавливаются допустимые эксплуатационные пределы изменения физико-механических свойств объекта

$$\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл)} = \varphi_{(физ/мех)}^{(факт)} - \Delta\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл)} \quad (2)$$

При этом эксплуатационная надежность объекта обеспечивается при условии  $\Delta\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл)} > \Delta\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл/факт)}$ . В случае если  $\Delta\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл)} < \Delta\varphi_{(физ/мех)}^{(экспл/факт)}$  объект считается аварийным.

В процессе эксплуатации объекта выполняется мониторинг его текущего технического состояния с целью определения степени влияния негативных нагрузок на его характеристики и недопущения его перехода в аварийное состояние путем принятия своевременных мер восстановления эксплуатационной надежности. Для оценки текущего