

Verification of Levels on a Vertical Comparator

Yu.V. Zayarov^{1*}, M.I. Orekhov^{2*}, D.M. Arsenyev^{3**}

**Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region*

***Don State Technical University, Rostov-on-Don*

¹YVZayarov@mephi.ru

²VITkafSP@mephi.ru

³dima81-07@mail.ru

Abstract – The article deals with the study of electronic and optical-mechanical levels. It describes the vertical comparator and the method of its use in the study of levels. In addition, a variant of the universal comparator which improves stationary capabilities is proposed. In the study of levels errors in measuring exceedances at specified working distances are determined, including a description of the procedure for determining errors of undercompensation of the level slope and the total error of the course correctness of the telescope focusing lens and the errors of applying divisions of the range poles for optical levels, and scales with Rab-code divisions for electronic ones.

Keywords: level, counting, leveling accuracy, vertical comparator, measurement error, correction.

УДК 621.039.0538: 621.311.25

Проблема, возникающая при замене СПЗО на блоках АЭС с реактором ВВЭР-1000

Ю.И. Пимшин^{*}, Г.А. Науменко^{**}, Е.Н. Яговкина^{**}, М.В. Корнева^{*}

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

***Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону*

В работе рассмотрена проблема замены системы преднапряжения защитной герметичной оболочки (СПЗО) на этапе продления ресурсных характеристик ЗГО. Изучены особенности отечественной СПЗО используемой при строительстве блоков в 80-е годы и системы, разработанной французской фирмой Фрейсине – СПЗО-М, используемой сегодня для замены при модернизации блоков. Описаны их особенности и некоторые проблемы, связанные с организацией мониторинга на период продления эксплуатации блока.

Ключевые слова: защитная герметичная оболочка, техническое состояние, преднапряжение, испытание, контроль, система преднапряжения защитной оболочки, оценка напряженно деформированного состояния

В рамках модернизации блоков АЭС с реактором ВВЭР-1000 обновляется их оборудование, одновременно с этим реконструируются и строительные конструкции, в том числе, относящиеся к системе безопасности. Прежде всего, эта проблема касается защитной герметичной оболочки, в которой заменяется, например, система СПЗО. Известно, что система преднапряжения защитной оболочки предназначена для обжатия ЗГО с целью повышения прочности оболочки и обеспечение ее целостности при возникновении ситуаций, связанных с возникновением проектного предельного расчетного события в реакторном отделении или воздействия внешнего негативного фактора, например, падения на оболочку среднемагистрального самолета. Проектная система СПЗО выполнена таким образом, что в теле стены ЗГО, в процессе строительства, устраиваются каналобразователи из пластиковых труб (см. рис. 1).

При этом, в цилиндрической части каналообразователи уложены по геликоидально-петлевой схеме, в купольной части по ортогонально-петлевой. Общее число каналообразователей 132 штуки, в том числе 96 в цилиндрической части и 36 в купольной.

В каналообразователи запасовывают арматурные канаты, каждый из которых состоит из 456 параллельно уложенных высокопрочных стабилизированных проволок диаметром 5 мм из углеродистой стали 5В1400-Р1 ГОСТ 7348-81. На концах арматурный канат имеет две анкерные петли. С помощью лидера канат монтируется в канал защитной оболочки. После монтажа канатов производят их натяжение. Начало работ по натяжению СПЗО начинают по истечению девятидневного срока после достижения 100% проектной прочности бетона. Для обжатия оболочки используются домкраты ДГ-650/1200.

Процесс натяжения разбивают на пять этапов:

1) производится натяжение всех канатов цилиндрической части и купола до усилия в 600 тс. При этом строго придерживаются принятой на объекте программы натяжения канатов;

2) производится подтяжка канатов цилиндрической части до усилия в 800 тс, соблюдая ту же последовательность;

3) производится подтяжка канатов купольной части до усилия в 800 тс; соблюдая ту же принятую программу;

4) выполняется натяжение цилиндрической части оболочки с пиковым усилием в 1000 тс в произвольном порядке, исключая последовательное.

5) выполняется подтяжка всех канатов купола с пиковым усилием 1000 тс.

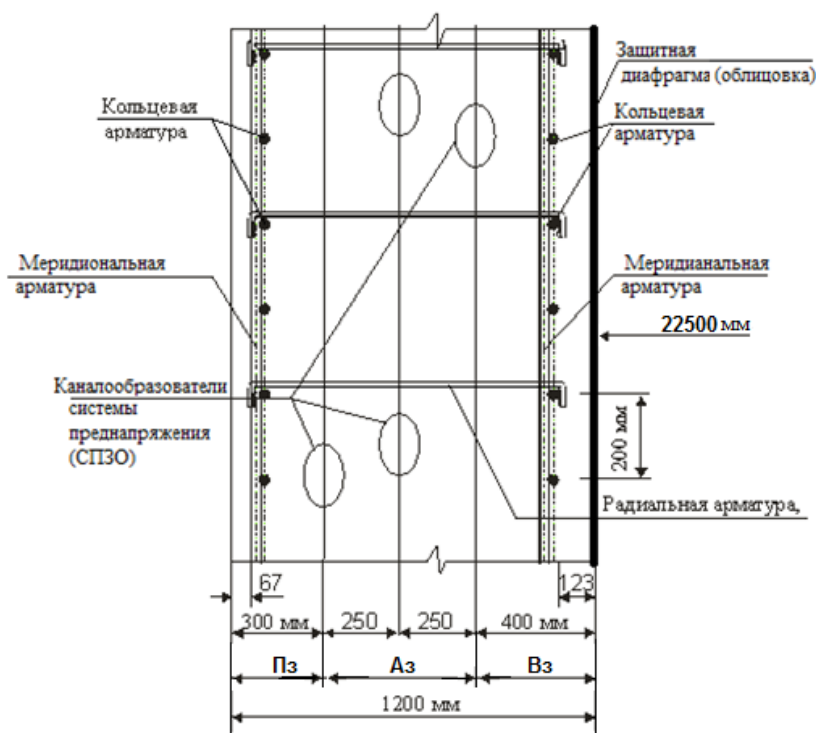


Рисунок 1 – Поперечное сечение цилиндрической части ЗГО

После завершения напряжения оболочки проводят консервацию узлов крепления канатов к опорному кольцу, в дальнейшем при проведении планово-предупредительных ремонтных работ проверяют усилие натяжения канатов и при необходимости проводят подтяжку либо замену каната.

Перед вводом в эксплуатацию оболочки проводят ее испытание на герметичность и прочность. Данные испытания осуществляются путем создания избыточного давления

внутри гермообъема. Основным критерием оценки технического состояния ЗГО, исходя из требований СП-52-102-2004, ее надежности и оценки ресурсных характеристик, является коэффициент запаса прочности, который определяется по формуле (1):

$$K = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sigma_{\text{доп}}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{пред}}$ – предельное напряжение;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение.

Если организован мониторинг геометрических параметров ЗГО и определяются величины перемещений заданных точек конструкций на соответствующих этапах преднапряжения и испытания, тогда для одноосного сжатия определим (формулы (2) и (3), что:

$$\sigma_{\text{пред}} = E \frac{\Delta_{\text{пред}}}{l_0}; \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{доп}} = E \frac{\Delta_{\text{доп}}}{l_0}. \quad (3)$$

Подставив формулы (2) и (3) в формулу (1), получим формулу (4):

$$K_0 = \frac{\Delta_{\text{пред}}}{\Delta_{\text{доп}}}. \quad (4)$$

Применительно к ЗГО в качестве $\Delta_{\text{пред}}$ принимают перемещения конструктивных точек, размещенных на элементах (стенках) ЗГО при ее преднапряжении. В качестве $\Delta_{\text{доп}}$ принимают перемещения тех же точек на этапе испытаний при наборе внутреннего давления, равного 4,6 атм. Согласно требований предъявляемых к защитным оболочкам $K_0 \geq 1,5$ на всех этапах эксплуатации, начиная с преднапряжения. При этом после испытаний коэффициент K_0 , определенный по результатам, принимается начальным. Далее ежегодно определяются величины годовых перемещений δ_i . Тогда текущий коэффициент на любом этапе ЗГО определяется следующим образом по формуле (5):

$$K_i = \frac{\Delta_{\text{пред}} + \sum_{i=1}^n \delta_i}{\Delta_{\text{исп}}}. \quad (5)$$

Здесь $f_{\text{дег}} = \Delta_{\text{пред}} + \sum_{i=1}^m \delta_i$ является функцией деградации ЗГО.

Таким образом, имея перемещения исследуемых точек на соответствующих этапах существования ЗГО, обеспечивается возможность оценки его технического состояния и определения остаточного ресурса.

Во время эксплуатации ведется непрерывный мониторинг всех систем АЭС, в том числе и защитной оболочки. Одним из основных параметров ЗГО является оценка достаточности уровня её обжатия системой СПЗО. Данный критерий оценивает допустимый уровень K_i и может быть определен измерением напряжений (армокаркаса и бетона) встроенной системой датчиков в тело стены оболочки, измерением величин перемещений стены оболочки в заданных торчках на внешней ее поверхности или измерением осевых сил в напряженном канате [4-5]. При этом отметим то, что уровень обжатия не является постоянной величиной,

негативное влияние на его оказывают факторы, такие как температура, ползучесть бетона, релаксация строительных элементов ЗГО, усталостные свойства арматуры и реология канатов.

После завершения полного нормативного срока эксплуатации блока, на основе результатов обследования принимается решение о его модернизации. Например, реконструкция защитной герметичной оболочки выполняется путем замены СПЗО, для дальнейшей нормативной эксплуатации с необходимым уровнем обжатия. Сегодня в качестве альтернативы отечественной системе, для замены, применяют систему, разработанную французской фирмой Фрейссине – СПЗО-М. Данная система выполнена в виде витых семи проволочных армоканатов, которые размещены в полиэтиленовой оболочке, пятьдесят семипроволочных канатов объединены в основной канат, которым и заменяют ранее применяемые. В отличие от предшественника, после монтажа каната в каналобразователь, предусмотрено его инъецирование бетоном, затем проводится натяжение каната. Процесс натяжения троса выполняют одним этапом, при этом натяжение каната выполняется до достижения пикового усилия в 1000 т. Замена всех канатов системы выполняется по одному, строго по принятой программе модернизации СПЗО.

Сегодня модернизация системы преднапряжения путем замены одной системы другой выполняется без преемственности мониторинговых мероприятий по оболочке. Так встроенная система датчиков в тело стены оболочки, как правило после тридцати лет эксплуатации полностью неработоспособна, измерения величин перемещений стены оболочки в заданных торчках на внешней ее поверхности своевременно не организована, и может быть использована лишь измерительная система осевых сил в напряженном канате. Кроме того, испытание оболочки на прочность при модернизации не выполняется, следовательно, величины ($\sigma_{\text{доп}}$, $\Delta_{\text{доп}}$) полученные при наборе внутреннего давления, равного 4,6 атм., не определяются, как следствие этого для новой системы СПЗО-М не вычисляется K_0 . Использование коэффициента запаса прочности полученного при начальном испытании оболочки неправомерно, так как в течении проектного срока эксплуатации согласно функции деградации оболочка, в некоторых пределах, изменила свои физико-механические характеристики. Дальнейшая эксплуатация защитной оболочки, на срок продления ее ресурсных характеристик, без знания начальных условий понижает определенность уровня эксплуатационной пригодности и как следствие этого понижает уровень ядерной безопасности блока.

Problem Arising during Containment Pre-Tensioning System Replacement in the NPP Units with WWER-1000 Reactor

Yu.I. Pimshin*¹, G.A. Naumenko², E.N. Yagovkina **³, M.V. Korneva ***

**Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Rostov region*

***Don State Technical University, Rostov-on-Don*

¹YIPpimshin@mephi.ru

²e-mail: geodez@aanet.ru

³yagovkinaalena@yandex.ru

Abstract – The paper deals with the problem of containment pre-tensioning system replacing at the stage of extending the Containment life-time characteristics. The features of Russian containment pre-tensioning system used in the unit construction in the 1980s and the system developed by the French company Freyssinet - CPTS-M used today as a replacement during the unit modernization are studied. Their features and some problems associated with the organization of monitoring for the period of the unit operation extension are described.

Keywords: protective containment, technical condition, prestress, testing, control, protective shell prestressing system, evaluation of the stress-strain state