

УДК 624.04.45.001.3

**К вопросу о контроле защитных оболочек АЭС в период приемо-сдаточных испытаний**

**В.Н. Медведев\*<sup>1</sup>, Александр С. Киселев\*, Алексей С. Киселев\*, А.Н. Ульянов\*,  
В.Ф. Стрижов\*, М.И. Скорикова\*<sup>2</sup>, Ю.И. Пимшин\*\*<sup>3</sup>**

*\*Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва*

*\*\*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал, Национального исследовательского ядерного университета (МИФИ)*

В работе приводятся результаты исследования изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом и в зоне расположения подкрановых путей полярного крана на этапе приемо-сдаточных испытаний.

*Ключевые слова:* защитная оболочка, перемещения, деформации, напряжения, усилия

Применение геодезического контроля перемещений защитных оболочек АЭС на этапе преднапряжения и приемо-сдаточных испытаний в дополнение к штатной системе контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) позволило получить более полную картину деформированного состояния, в том числе в зонах защитной оболочки, где датчики контрольно-измерительной аппаратуры отсутствуют. На примере энергоблока № 3 Ростовской АЭС детально рассмотрены особенности изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом и в зоне расположения подкрановых путей полярного крана.

Особенности изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом. Оценка НДС защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС выполнялась с учетом показаний датчиков контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), установленных в теле сооружения в период возведения, показаний датчиков силы ПСИ-01, установленных на анкерах армоканатов системы преднапряжения защитной оболочки, результатов измерений перемещений стенки защитной оболочки при помощи датчиков типа ПЛПС, результатов измерений геометрических параметров защитной оболочки геодезическими методами [Л. 1].

Результаты контроля НДС и геометрических параметров защитной оболочки вблизи узла сопряжения цилиндрической части с куполом показали, что конструкция при подъеме давления работает нелинейно.

На рисунке 1 приведены графики приращения напряжений в меридиональной стержневой арматуре в период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС. Рассматривается купольная часть защитной оболочки на радиусе  $R=19$  м. Можно видеть, что у внутренней поверхности стены оболочки на каждом шаге подъема внутреннего давления происходит увеличение растягивающих напряжений, а у наружной поверхности на первом шаге при давлении 0,07 МПа наблюдается рост сжимающих напряжений, затем происходит незначительное колебание напряжений. Следовательно, работа защитной оболочки в зоне узла сопряжения носит моментный характер.

На рисунке 2 приведены графики приращения перемещений купола защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний в створе №1/2. Точка № 1 расположена в районе непосредственного примыкания к опорному кольцу. Далее точки располагаются с определенным шагом от опорного кольца до вершины купола [Л. 2-4]. В вершине купола расположена точка № 0. На рисунке 2 также можно видеть, что работа защитной оболочки в

зоне узла сопряжения носит моментный характер. Наибольшее перераспределение напряжений происходит при повышении давления с 0,19 до 0,29 МПа.

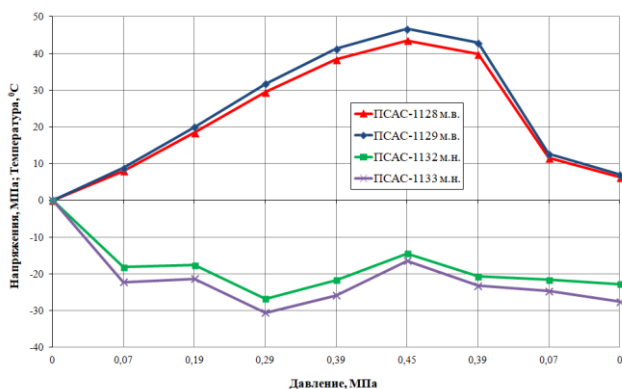


Рисунок 1 – Приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре в период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки, энергоблок №3 РоАЭС, створ №1, купол, R=19 м

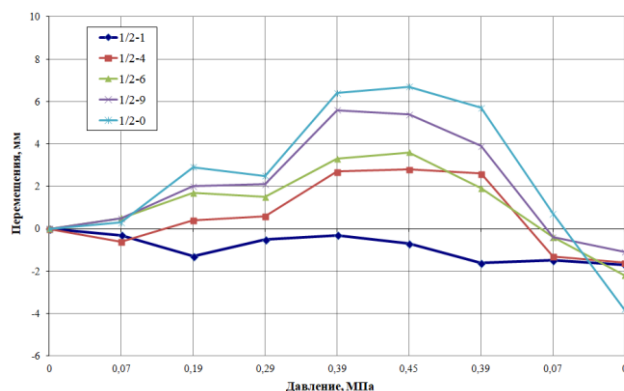


Рисунок 2 – Приращения перемещений купола защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний, энергоблок №3 Ростовской АЭС, створ №1/2

Такой характер поведения защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний соответствующим образом повлиял на показания датчиков силы ПСИ-01. Приведенные в таблице №1 приращения усилий в отдельных армоканатах купола защитной оболочки при испытаниях на герметичность и прочность показали, что все датчики работали исправно. При подъеме давления до 0,07 МПа зафиксировано увеличение усилий от 2,5 до 4 тс. В дальнейшем происходило незначительное увеличение или снижение усилий в зависимости от изменения геометрии защитной оболочки.

Таким образом, показания датчиков ПСИ-01 в период испытаний напрямую зависят от изменения геометрических параметров сооружения.

Таблица 1 – Приращения усилий в отдельных армоканатах купола защитной оболочки при испытаниях на герметичность и прочность

№ Армоканата	Дата 08.08.14, давление 0,0 Мпа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,07 Мпа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,19 Мпа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,29 Мпа Усилие, тс	Дата 11.08.14, давление 0,39 Мпа Усилие, тс	Дата 12.08.14, давление 0,45 Мпа Усилие, тс	Дата 13.08.14, давление 0,39 Мпа Усилие, тс	Дата 13.08.14, давление 0,07 Мпа Усилие, тс	Дата 14.08.14, давление 0,0 Мпа Усилие, тс
К-11А	0	2,7	-0,7	2,3	0,7	1,4	3	0,9	-2
К-12Б	0	2,6	-0,6	1,8	0,3	1,2	2,4	0,8	-3
К-13А	0	2,8	-1,3	2	0,2	1,6	3,1	0,1	-3
К-14А	0	2,5	-0,7	1,7	0,2	1,5	2,6	0,5	-2,2
К-14Б	0	3,4	0,2	3	1	1,5	3,4	1,3	-1,4
К-15А	0	3,6	-0,4	3,1	0,8	1,8	3,5	0,6	-2,1
К-16Б	0	4	-0,8	3,4	1	2,2	4,3	0,7	-2

Особенности изменения НДС и геометрических параметров защитной оболочки в зоне расположения подкрановых путей полярного крана. Подкрановая консоль полярного крана обладает определенной жесткостью, вследствие чего при преднапряжении и испытаниях защитной оболочки в этой зоне перемещения могут быть меньше, чем в однородной зоне. Например, перемещения от преднапряжения в створе №1 на отметке 36,9 м составили -10,7 мм, а на отметке 47 м порядка -6,8 м. В период испытаний при давлении 0,45

МПа на отметке 36,9 м перемещения были максимальными и составили 7,95 мм, после сброса испытательного давления геометрия защитной оболочки вернулась в исходное состояние.

В зоне расположения полярного крана на отметке 47 м. в период испытаний при давлении 0,45 МПа перемещения не были максимальными и составляли 4,4 мм, при снижении давления до 0,39 МПа перемещения увеличились до 4,98 мм, а после сброса испытательного давления геометрия защитной оболочки уменьшилась еще на 2,33 мм (см. рисунок 3). Суммарные перемещения после сброса давления составили 7,3 мм, что сопоставимо с изменениями на отметке 36,9 м.

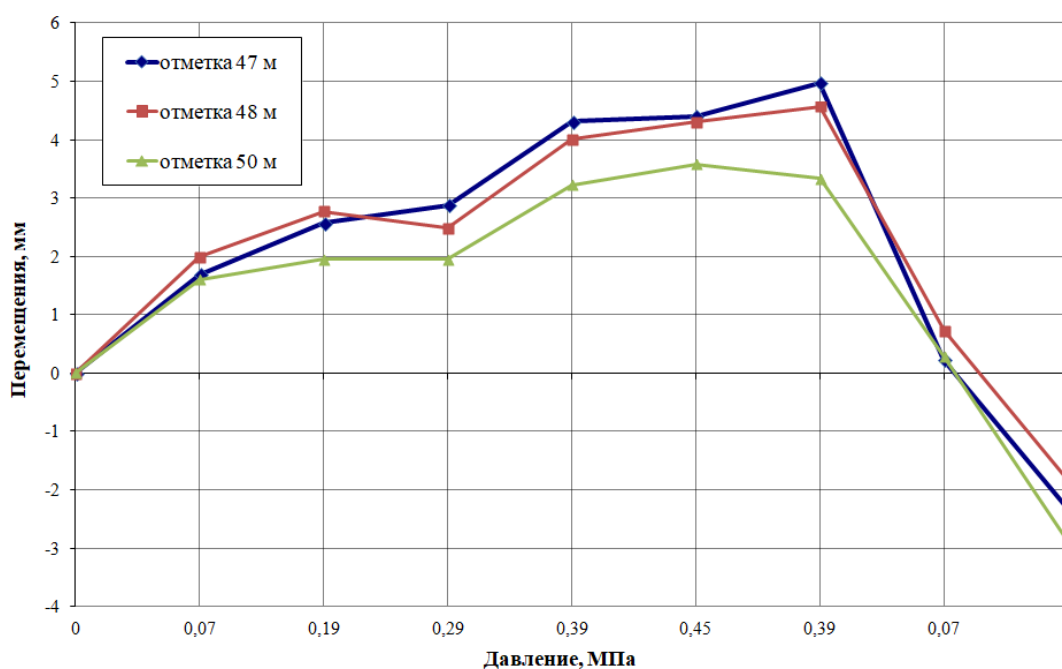


Рисунок 3 – Приращения перемещений стенки защитной оболочки в период прямо-сдаточных испытаний, энергоблок №3 Ростовской АЭС, отметка 47.0, 48.0 и 50 м, створ №1

Таким образом, подкрановая консоль полярного крана обладает определенной жесткостью, что препятствует перемещению защитной оболочки при преднапряжении, Изменение геометрических параметров при испытаниях защитной оболочки может привести к снижению жесткости. Поэтому целесообразно проводить рихтовку подкрановых путей полярного крана только после проведения испытаний защитной оболочки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев, В.Н.* Натурные наблюдения на этапе строительства защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС [Текст] / В.Н. Медведев, Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, Е.А. Потапов // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 3 (12). – С. 89-99.
2. *Пимшин, Ю.И.* Влияние крана кругового действия на техническое состояние строящейся защитной герметичной оболочки АЭС [Текст] / Ю.И. Пимшин, Е.Б. Ключин, О.Е. Губеладзе, В.Н. Медведев, С.М. Бурдаков, Ю.В. Заяров // Глобальная ядерная безопасность. – 2016 – № 2 (19). С. 33-42.
3. *Забазнов, Ю.С.* Геодезическое обеспечение мониторинга технического состояния защитных герметичных оболочек атомных электрических станций (АЭС) в период их строительства, преднапряжения и испытания [Текст] / Ю.С. Забазнов, Е.Б. Ключин, Ю.И. Пимшин // Геодезия, картография, кадастр – современность и перспективы : материалы междунар. конф., Москва, 27-28 мая 2014 г. / МИИГАиК – Москва : МИИГАиК, 2014. – С. 19–23.
4. *Пимшин, Ю.И.* Диагностика технического состояния защитных оболочек АЭС [Текст] / Ю.И. Пимшин, Е.Б. Ключин, В.Н. Медведев, О.А. Губеладзе, В.А. Наугольников, Ю.В. Заяров, Ю.С. Забазнов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и Аэрофотосъемка. – 2016. – № 4. – С. 55.

## Monitoring of Containments of Nuclear Power Plants during the Acceptance Tests

V.N. Medvedev\*<sup>1</sup>, Aleksandr S. Kiselev\*, Aleksei S. Kiselev\*, V.F. Strizhov\*,  
A.N. Ulianov\*, M.I. Skorikova\*<sup>2</sup>, Yu.I. Pimshin\*\*<sup>3</sup>

*\*Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences*

*\*\*Volgodonsk Engineering Technical Institute the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»*

*<sup>1</sup>cont@ibrae.ac.ru*

*<sup>2</sup>skorikova@ibrae.ac.ru*

*<sup>3</sup>YIPimshin@mephi.ru*

**Abstract** – The article presents the results of the study of changes in the stress-strain state and the geometric parameters of the containment shell near the junction of the cylindrical part with the dome and in the area of the crane rail of the polar crane during the acceptance tests.

*Key words:* containment, displacements, deformations, stresses, forces.

УДК 628.4

## Подземно-наземный комплекс по управлению отходами

Т.М. Хафизов\*, А.Х. Байбури\*\*

*\*ООО «СК-Проект», Челябинск*

*\*\*Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск.*

Статья затрагивает актуальные темы: утилизация и переработка твердых бытовых отходов и промышленных шлаковых отходов. Объектом проектного исследования является подземно-наземный комплекс по управлению отходами

*Ключевые слова:* биосферная совместимость, управления отходами, здания и сооружения, подземное строительство, способ опускающего бетона.

Сформулирована концепция подземного комплекса по управлению отходами, с функциями сортировки, сжигания, утилизации твердых коммунальных отходов. Предложена технологическая цепочка, выстроенная вертикально вниз с возможностью возврата вверх в виде энергии или прессованных тюков для продажи сырья. Применены солнечные панели производящие электроэнергию, которая вливается в общий энергетический баланс комплекса. Для резервации и сохранения электроэнергии запроектированы гравитационные энергонакапливающие элементы, позволяющие в нужный момент дополнить недостающую электроэнергию.

Технология строительства комплекса представлена двумя изобретениями: «Способ формования железобетонных изделий посредством опускающегося бетона» и «Способ строительства подземного многоэтажного сооружения». Данная технология позволяет строить до глубины 100 метров, а с глубины 25 метров является, практически, безальтернативной. Все работы по производству монолитного каркаса выполняются на поверхности земли. Геомассив удерживается горизонтальными грунтовыми анкерами и вертикальными буронабивными сваями с тросовыми затяжками анкеров. Результат – экономическая и технологическая эффективность. Инновационная технология позволяет строить не только подземные, но и наземные сооружения, а также применима к возведению жилых домов из блок-комнат.