

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ  
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 624.04.45.001.3

**НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ  
ЭНЕРГБЛОКА № 3 РОСТОВСКОЙ АЭС  
ПОСЛЕ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ**

© 2015 г. В.Н. Медведев\*, И.А. Киселев\*, Е.С. Крутько\*,  
А.Н. Ульянов\*, В.Ф. Стрижов\*, Е.А. Потапов\*\*

\* Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, Москва

\*\* Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская АЭС», г. Волгодонск, Ростовская обл.

В работе приводится оценка напряженно-деформированного состояния защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний.

*Ключевые слова:* защитная оболочка, АЭС, арматурные канаты, бетон, напряжения, усилия.

Поступила в редакцию 26.06.2015 г.

**ВВЕДЕНИЕ**

Преднапряжение защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС осуществлялось с 10.09.2013 по 19.12.2013. Особенности напряженно-деформированного состояния (НДС) защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС на стадии возведения и преднапряжения рассмотрены в [Л. 1-3].

В статье приводится оценка напряженно-деформированного состояния защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний. В этот период времени на изменение НДС защитной оболочки оказывают влияние следующие три фактора:

- 1 – деформации ползучести и усадки бетона;
- 2 – релаксация напряжений в проволоках армоканатов системы преднапряжения;
- 3 – колебания температуры окружающей среды.

Оценка НДС производилась по следующим данным:

- по показаниям датчиков контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), установленных в защитной оболочке в период строительства;
- по показаниям датчиков силы ПСИ-01, установленных на анкерах армоканатов системы преднапряжения защитной оболочки;
- по результатам измерений перемещений стенки защитной оболочки при помощи преобразователей линейных перемещений струнных (ПЛПС), установленных в средней части цилиндра защитной оболочки на отметке 36,9 м;
- по результатам измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды.

**1. ИЗМЕНЕНИЯ НДС ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПО ПОКАЗАНИЯМ  
ДАТЧИКОВ КИА**

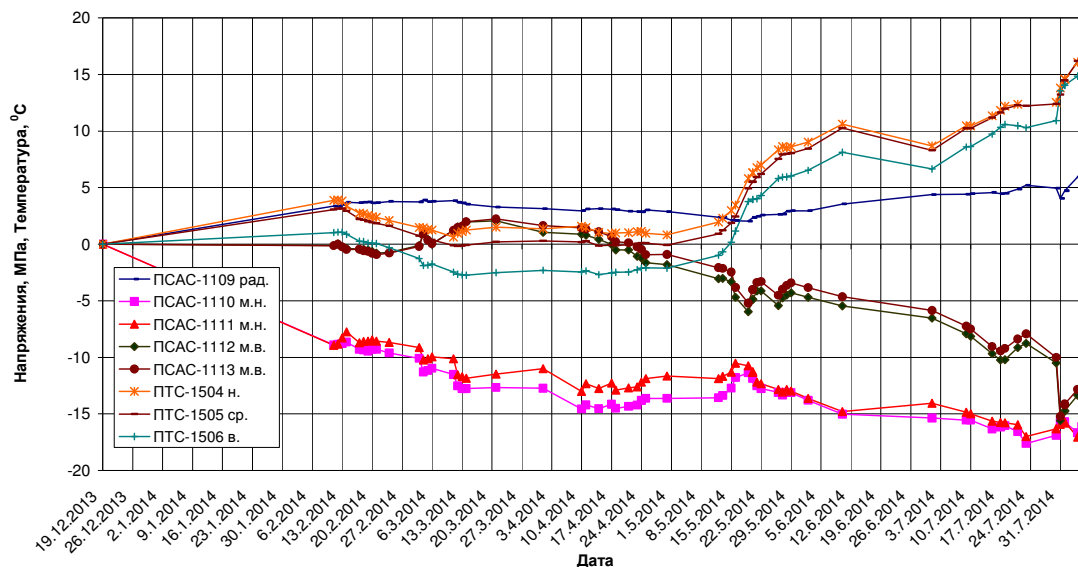
Рассматривалась работа приборов с момента окончания преднапряжения (19.12.2014) до начала приемо-сдаточных испытаний (06.08.2014).

Результаты измерений показали, что вследствие проявления деформаций

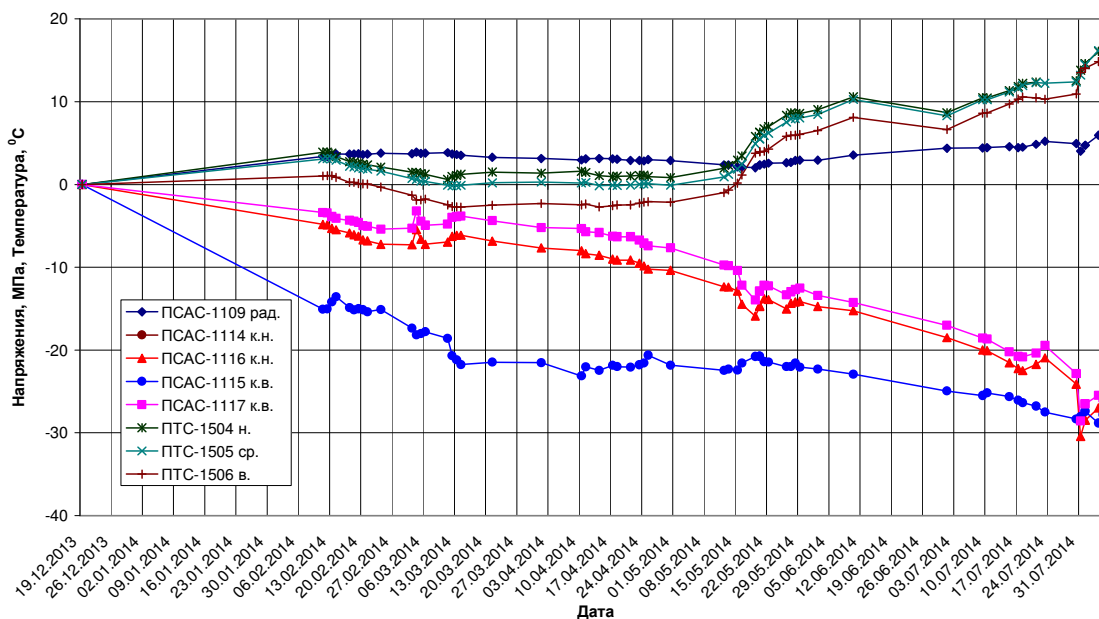
ползучести и усадки бетона за текущий период произошло увеличение сжимающих напряжений в стержневой арматуре (см. рисунок 1, 2). При этом в средней части цилиндра приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре составляет порядка 15-20 МПа, а в кольцевой – порядка 25-30 МПа.

В средней части купола приращение напряжений в меридиональной и кольцевой стержневой арматуре составляет порядка 30-40 МПа (см. рисунок 3).

Таким образом, результаты измерений с момента окончания преднапряжения защитной оболочки по 06.08.2014 года показали, что из-за проявления деформаций ползучести и усадки бетона происходит увеличение сжимающих напряжений в стержневой арматуре и сжимающих деформаций в бетоне.



**Рис. 1.** – Приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре и измерения температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки (19.12.2013) по 06.08.2014, створ №1, отметка 32,6 м



**Рис. 2.** – Приращение напряжений в кольцевой стержневой арматуре и измерения температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки (19.12.2013) по 06.08.2014, створ №1, отметка 32,6 м

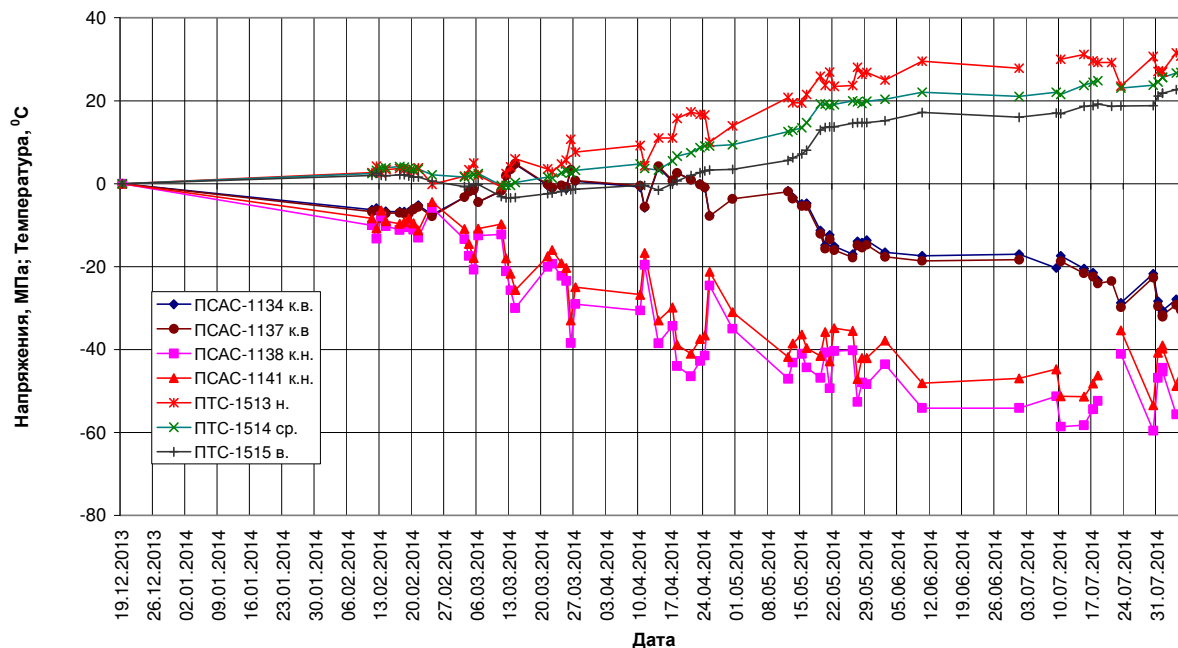


Рис. 3. – Приращение напряжений в кольцевой стержневой арматуре и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки (19.12.2013) по 06.08.2014, створ №1, купол, R=12 м

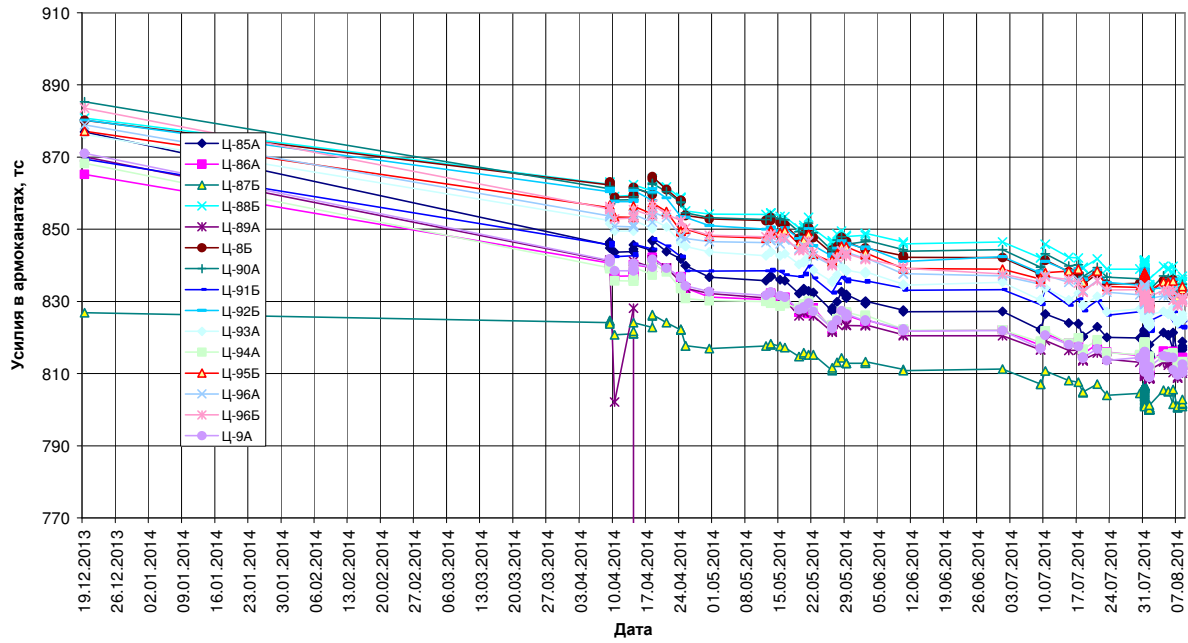
## 2. ИЗМЕНЕНИЕ УСИЛИЙ В АРМОКАНАТАХ СПЗО ПО ПОКАЗАНИЯМ ДАТЧИКОВ СИЛЫ ПСИ-01 С МОМЕНТА ОКОНЧАНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ ДО НАЧАЛА ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Оценка изменения усилий на тяжных анкерах арматурных канатов цилиндра и купола защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с момента окончания преднапряжения (19.12.2013) до начала приемосдаточных испытаний (до 08.08.2014 года), полученные с помощью датчиков силы ПСИ-01, позволила объяснить некоторые особенности изменения НДС защитной оболочки.

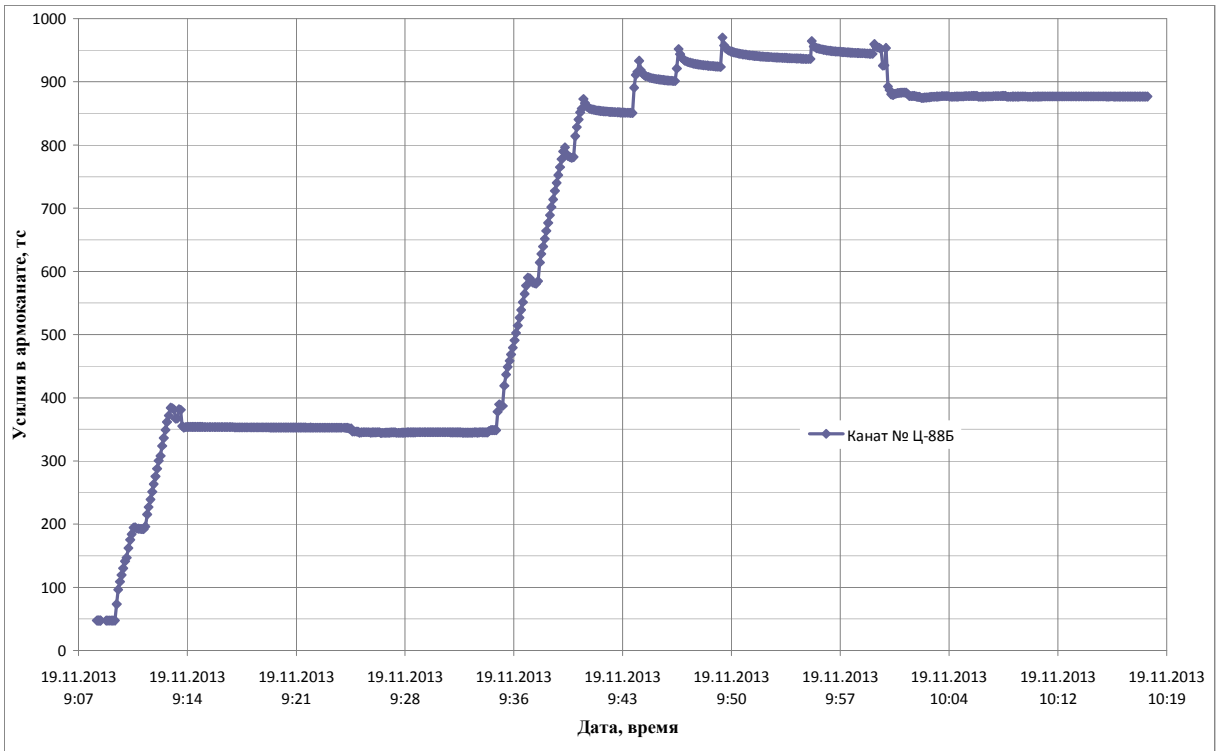
На рисунке 4 представлены графики изменения усилий на тяжных анкерах арматурных канатов цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с момента окончания преднапряжения до начала приемосдаточных испытаний.

На этом рисунке можно видеть, что показания датчиков на тяжных анкерах за рассматриваемый период снизились. При этом снижение усилий обусловлено, главным образом, двумя факторами: во-первых, потерями усилий в первые несколько дней после преднапряжения, во-вторых, сезонными колебаниями температур.

О том, что в первые 5 дней после преднапряжения арматурных канатов происходит снижение усилий на величину порядка 15-20 тс, можно судить по данным, приведенным на рисунках 5 и 6. На рисунке 5 видно, что после преднапряжения усилие на анкере армоканата № 88Б составляет порядка 883 тс, однако уже через 14 часов усилие снизилось на 15 тс, через 5 суток снижение составило 18 тс (см. рисунок 6). Затем, до апреля 2014 г., когда температура в оболочке не имела существенных изменений по сравнению с периодом обжаривания оболочки, усилия на анкере практически не изменились, однако с повышением температуры в оболочке с 13 °С до 38 °С произошло снижение усилий на анкере армоканата Ц 88Б с 862 тс до 837 тс (см. рисунок 7).



**Рис. 4.** – Изменения усилий на тяжелых анкерах арматурных канатов цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с 19.12.2013 по 08.08.2014 года, полученные с помощью датчиков силы ПСИ-01



**Рис. 5.** – График натяжения армоканата № Ц-88Б, расположенного в цилиндре защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС. Выдержка 3 этапа по 5 минут

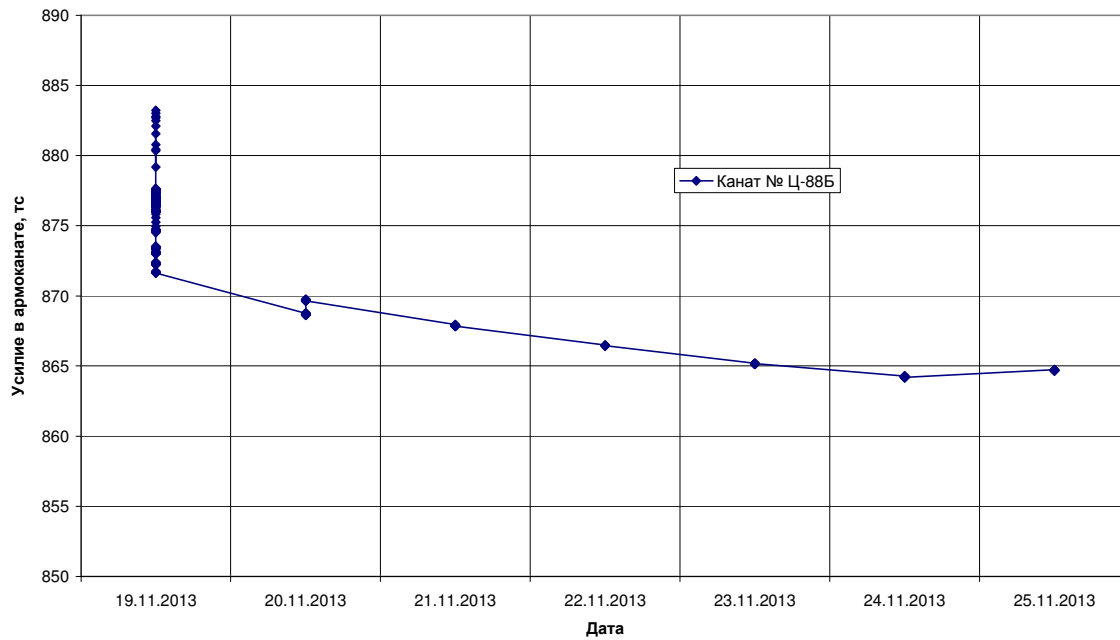


Рис. 6. – Изменения усилий на тязном анкере арматурного каната № Ц-88Б цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с 19.11.2013 по 25.11.2013 года

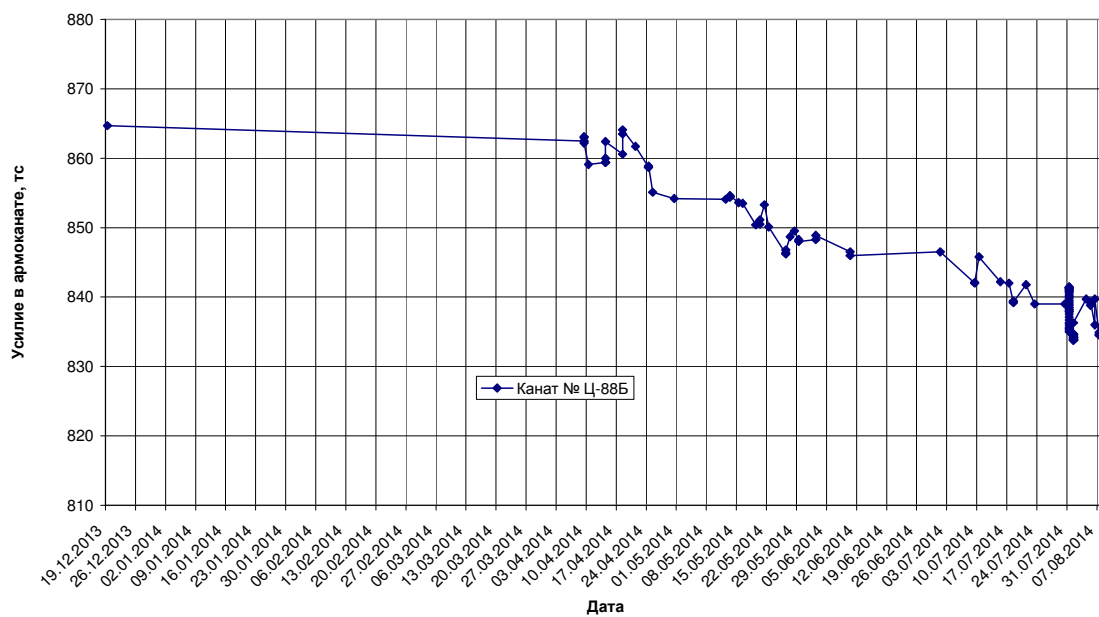


Рис. 7. – Изменения усилий на тязном анкере арматурного каната № Ц-88Б цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с 25.11.2013 по 08.08.2014 года

Следует отметить, что на показания датчиков оказывают влияние суточные колебания температур окружающей среды, включая солнечное излучение. Результаты измерений, полученные в различные моменты времени 31.07.2014 г., показывают, что колебания усилий в течение суток могут составлять 7 тс и более.

Максимальные колебания усилий наблюдаются в армоканатах купола защитной оболочки между осями I и II. Например, усилия в армоканате купола К13А в 15 часов 55 минут составляли 837,4 тс, а в 23 часа 52 минуты – 830,1 тс, т.е. усилия изменились на 7,3 тс (см. таблицу 1).

**Таблица 1.** – Результаты измерений усилий в армоканатах, полученные с помощью датчиков силы ПСИ-01 в различное время суток 31.07.2014 г.

№ Армоканата	31.07.14 10:49	31.07.14 14:52	31.07.14 15:55	31.07.14 16:57	31.07.14 17:59	31.07.14 19:01	31.07.14 21:06	31.07.14 23:52
К-5А	866	867,6	868,5	869,2	869,4	869,8	866,8	864,6
К-10Б	820	823	823,3	823,1	822,5	821,1	818,6	817,4
К-11А	831	834,7	835,1	834,8	834,3	833,2	830,1	828,5
К-12Б	804,9	809,2	809,5	809,3	808,9	807,6	804,2	802,3
К-13А	833,1	837,2	837,4	837,2	836,8	835,7	832	830,1
К-14А	852	856,3	856,6	856,5	856	855	851,1	849,3
К-15А	845,8	849,4	849,6	849,3	848,6	847,2	843,6	842,4
К-16Б	814,1	817,7	817,7	817,5	816,8	815	812	810,4
К-18Б	820,7	824,5	824,5	824,4	822,8	820,9	818,9	817,9
К-19А	830,3	827,8	827,5	827,2	826,9	826,8	825,8	825
К-1А	799,3	800,1	801,6	802,1	802,1	802,1	799	797,2
К-20Б	809,8	807,5	807,1	806,9	806,6	806,5	805,8	805,1
К-21А	864,9	862,6	862,4	862	861,7	861,7	860,6	859,8
К-22Б	841,4	838,4	838,1	837,9	837,6	837,7	836,6	835,7
К-24Б	877	874,5	874,2	874,1	873,9	873,9	873,1	872,4
К-26Б	847,8	844,5	844,3	844,1	844	844,1	843,2	842,4
К-28А	837,2	837	837,1	837,2	837,2	837,3	836,3	835,3
К-29А	795,3	795,2	795,2	795,4	795,2	795,3	794,3	793,3
К-2Б	846	847,2	847,6	847,8	848,6	849,2	846,4	844,7
К-30А	856,8	856	856	856,1	856	856	855,1	854,1
К-32А	834,1	833,6	833,7	833,7	833,7	833,7	832,7	831,9
К-34А	824,2	824,5	824,6	824,8	824,6	824,7	823,7	822,8
К-3А	820,5	822,6	823,7	824,1	824,1	824,2	820,7	818,8
К-3Б	820,5	822,4	823,7	824,6	824,8	825,1	821,5	819
К-7А	816,3	818,1	819,3	819,6	819,8	819,9	816,7	814,8
К-8Б	843,3	845,4	846,9	847,8	848,3	848,8	845,5	842,9
К-9А	827,8	830,8	832,3	833	833,3	833,6	830	827,5

### 3. ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПО ПОКАЗАНИЯМ ПЛПС С МОМЕНТА ОКОНЧАНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ ДО НАЧАЛА ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Для измерения перемещений защитной оболочки от воздействия предварительного напряжения арматурных канатов и деформаций ползучести железобетона в средней части цилиндра защитной оболочки, на отметке 36,9 м установлено 12 датчиков типа ПЛПС (преобразователей линейных перемещений струнных).

Схема расположения датчиков ПЛПС приведена на рисунке 8. Величина измерения перемещений датчиками (база измерений) составляет 40 мм.

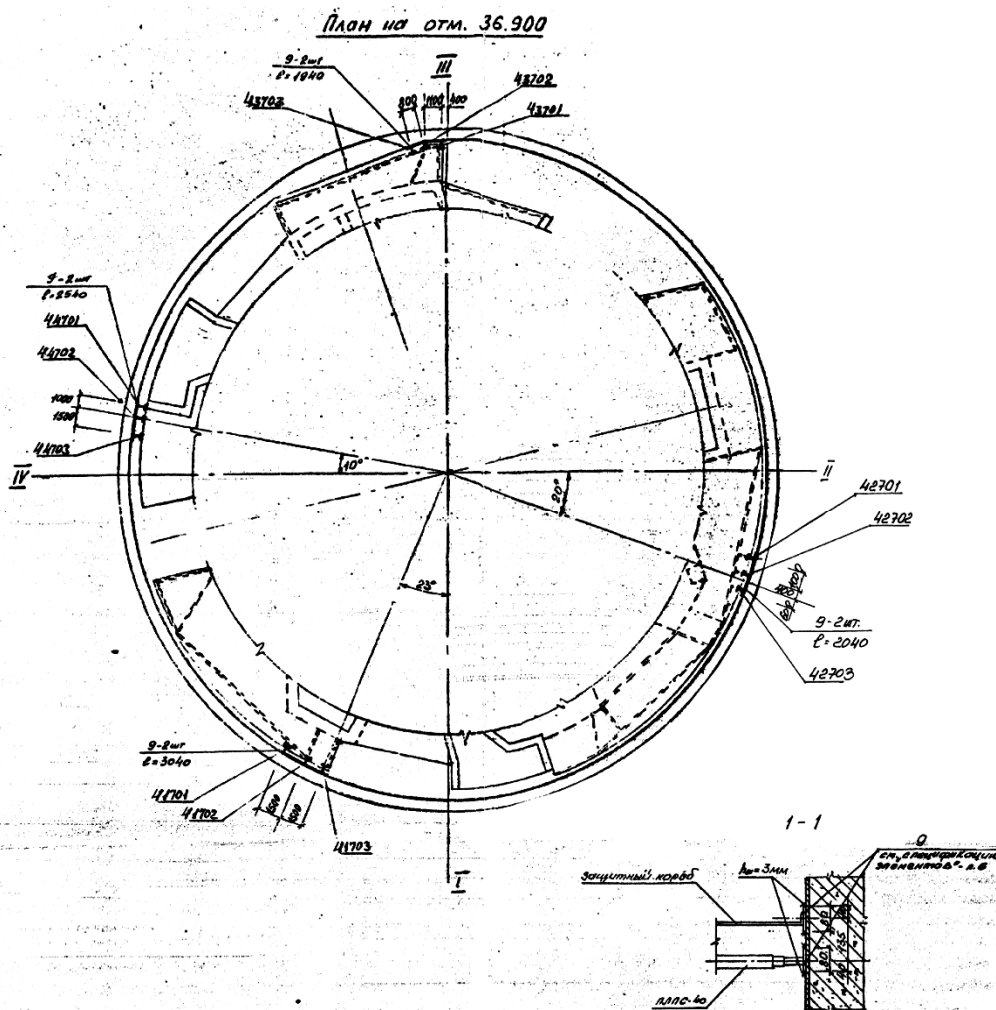


Рис. 8. – Схема расположения датчиков ПЛПС в защитной оболочке 3-го энергоблока Ростовской АЭС

Датчики типа ПЛПС устанавливаются группами по 3 шт. в каждом створе. На рисунке 9 представлен узел крепления датчиков типа ПЛПС, сертификация элементов и общие указания по установке.

На рисунке 9 можно видеть, что преобразователи ПЛПС-40 и защитный колпак крепятся к металлической облицовке через предварительно приваренные 3-х мм пластины.

В рамках данной работы выполнена оценка измерений перемещений стенки с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) конструкции реакторного отделения № 3 Ростовской АЭС.

Для этого построены графики измерения перемещений стенки сооружения в радиальном направлении с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС в створах № 1–4. Результаты измерений показывают, что все 12 датчиков ПЛПС остаются в работоспособном состоянии, о чем свидетельствует хорошая сходимость получаемых результатов измерений в каждом из 4 створах (см. рисунки 10 – 13). Наилучшая сходимость получаемых измерений наблюдается в створе № 2.

Большинство преобразователей показывают, что в период с декабря 2013 г. до конца апреля 2014 г. показания не имеют существенных изменений. Однако с начала мая 2014 г. до начала приемо-сдаточных испытаний наблюдалось уменьшение

диаметра защитной оболочки. Во всех створах уменьшение радиуса составило порядка 3-4 мм.

Возможной причиной роста перемещений стенки защитной оболочки послужило увеличение температур внутри и снаружи сооружения. Для подтверждения этого предположения на рисунках 10 – 13 также представлены показания датчиков измерения температур (ПТС), установленных в четырех створах на отметке 32.6 м в трех местах по толщине стенки оболочки: у внутренней поверхности стены, в средней части и у наружной поверхности стены.

Анализ графиков изменения температур показал, что с начала мая 2014 г. до начала приемо-сдаточных испытаний наблюдалось увеличение температуры в оболочке. Например, в створе № 2 датчик типа ПТС-2501 в. показал увеличение температуры с 21 до 39 °С, что приводит к увеличению деформаций ползучести и усадки железобетона. Следовательно, с повышением температуры произошло уменьшение диаметра защитной оболочки от деформаций ползучести и усадки железобетона.

Таким образом, выполненная оценка измерений перемещений стенки с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) конструкции реакторного отделения № 3 Ростовской АЭС показала:

- все 12 датчиков ПЛПС находятся в работоспособном состоянии;
- все 12 датчиков типа ПТС, установленных в четырех створах на отметке 32.6 м в трех местах по толщине стенки оболочки, находятся в работоспособном состоянии;
- увеличение температуры в стенке защитной оболочки приводит к увеличению деформаций ползучести и усадки железобетона;
- результаты измерений, полученные на этапе предпусковых испытаний защитной оболочки, могут быть использованы для оценки напряженно-деформированного состояния сооружения и для обоснования эксплуатационной пригодности защитной оболочки.

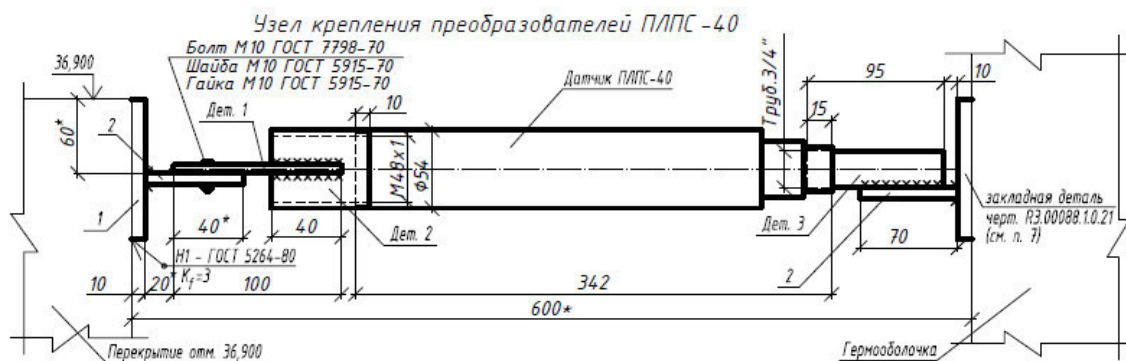
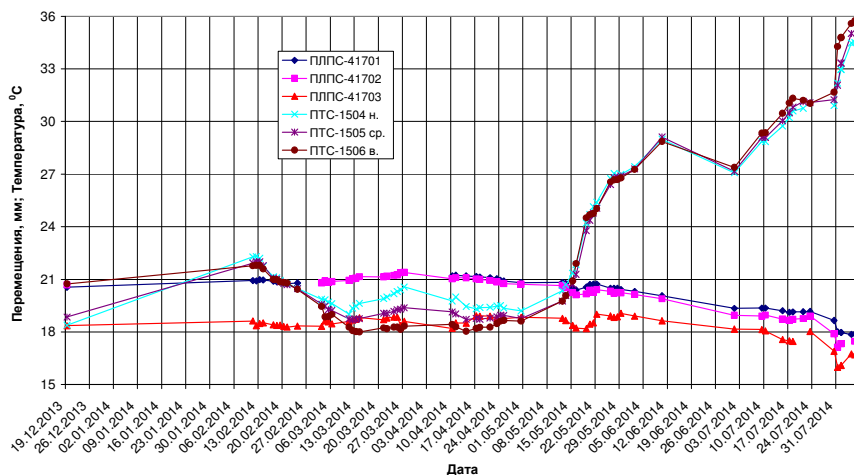


Рис. 9. – Узел крепления датчиков типа ПЛПС

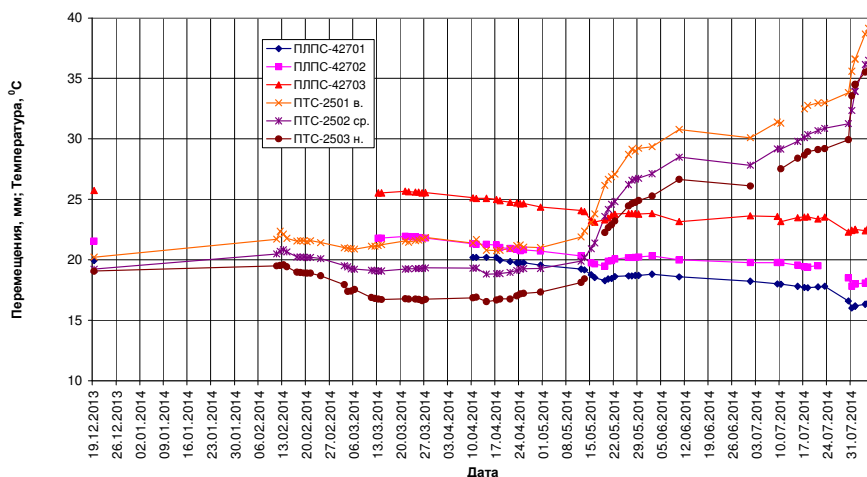
#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРИ И СНАРУЖИ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ДО НАЧАЛА ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В данном разделе приведены результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС в период ее преднапряжения, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды (см. таблицу № 2). Эти результаты будут использованы в расчетах НДС защитной от воздействия нагрузки от предварительного напряжения.

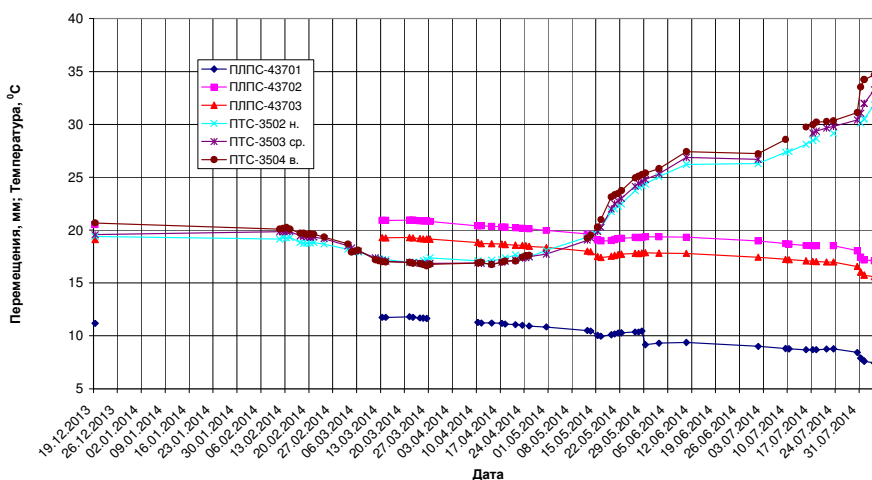




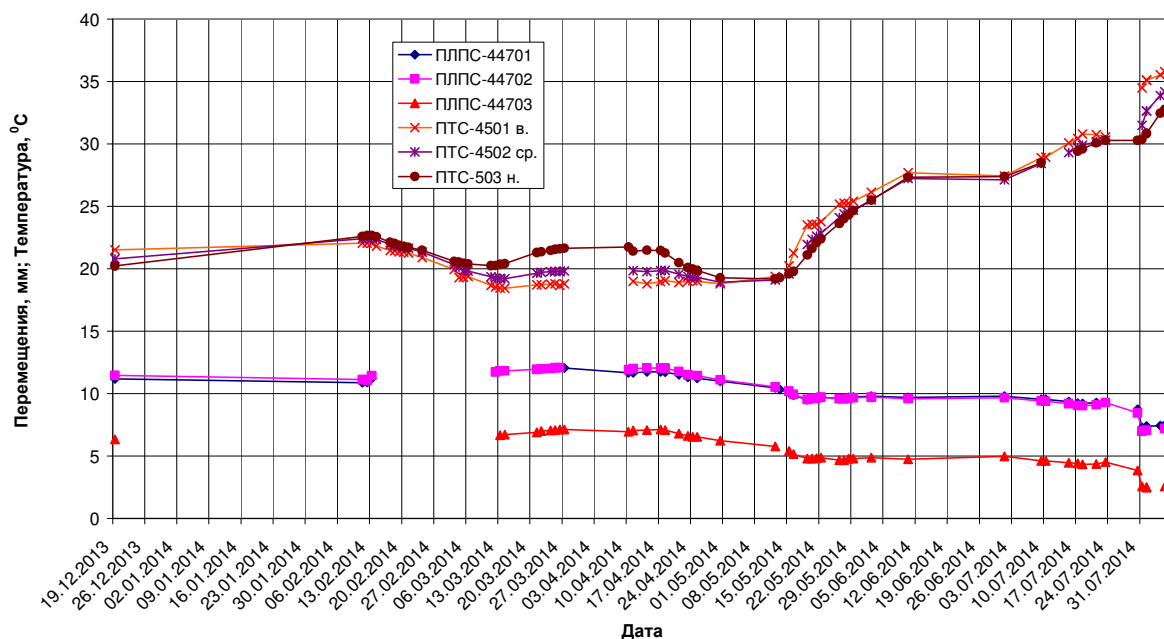
**Рис. 10.** – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 1



**Рис. 11.** – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 2



**Рис. 12.** – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 3



**Рис. 13.** – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 4

Следует отметить, на внутренней поверхности стены защитной оболочки температура измерялась на отметке 36 и 45 м, снаружи – на отметке 46 м.

**Таблица 2.** – Результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки в период ее преднапряжения, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды

Дата	Время	Температура внутри оболочки						Температура снаружи оболочки					
		Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С				Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С			
				1	2	3	4			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17.12.13	0:45	36	20	22	22	24	22	46	-9	10	12	9	10
		45		23	22	23	23						
17.12.13	4:45	36	20	21	21	23	22	46	-9	8	10	9	10
		45		22	20	22	21						
17.12.13	8:45	36	20	22	22	22	22	46	-10	0	3	-1	-1
		45		23	23	24	24						
17.12.13	12:45	36	21	22	22	24	24	46	-5	2	14	9	4
		45		22	22	24	24						
17.12.13	16:45	36	20	22	22	24	25	46	-6	1	4	2	4
		45		24	24	24	25						
17.12.13	20:45	36	20	22	22	24	25	46	-6	2	4	3	5
		45		24	24	24	25						

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18.12.13	0:45	36	20	22	23	24	25	46	-8	2	4	2	4
		45		24	24	24	25						
18.12.13	4:45	36	20	23	23	24	25	46	-6	2	4	4	5
		45		24	24	24	25						
18.12.13	8:45	36	20	24	23	24	25	46	0	7	6	5	10
		45		24	25	25	25						
18.12.13	12:45	36	20	25	22	24	25	46	0	6	6	5	8
		45		25	23	25	25						
18.12.13	16:45	36	20	24	23	24	25	46	0	7	7	5	9
		45		25	23	25	25						
18.12.13	20:45	36	20	23	22	21	22	46	0	7	9	8	7
		45		22	22	21	22						
19.12.13	0:45	36	20	23	22	21	22	46	0	7	9	9	7
		45		22	22	21	22						
19.12.13	4:45	36	20	22	22	21	22	46	0	7	9	9	7
		45		22	22	21	22						

Ниже приведены результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки перед ее прямо-сдаточными испытаниями, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды (см. таблицу № 3). Эти результаты использованы в расчетах НДС защитной оболочки.

Следует отметить, на внутренней поверхности стены защитной оболочки температура измерялась на отметке 36 и 45 м, с наружи – на отметке 46 м.

Следует отметить, что на завершающем этапе преднапряжения защитной оболочки минимальная температура окружающей среды составляла  $-10^{\circ}\text{C}$  (таблица №3), а максимальная температура перед прямо-сдаточными испытаниями составляла  $43^{\circ}\text{C}$ .

## ВЫВОДЫ

1) Натурные наблюдения с момента окончания преднапряжения (19.12.2014) до начала прямо-сдаточных испытаний (06.08.2014) показали, что в следствие проявления деформаций ползучести и усадки бетона, релаксации напряжений в проволоках канатов и колебаний температур окружающей среды за текущий период произошло увеличение сжимающих напряжений в стержневой арматуре. При этом в средней части цилиндра приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре составляет порядка 15-20 МПа, а в кольцевой – порядка 25-30 МПа.

2) Измерения усилий на тяжных анкерах арматурных канатов цилиндра защитной оболочки за период с момента окончания преднапряжения до начала приемосдаточных испытаний с помощью датчиков силы ПСИ-01 показали, что снижение усилий составляет порядка 50 тс. При этом снижение усилий в первые 5 дней после преднапряжения составляет порядка 15 тс.

3) На показания датчиков ПСИ-01 оказывают влияние суточные колебания температур окружающей среды, включая солнечное излучение. Результаты измерений, полученные в различные моменты времени 31.07.2014 г., показывают, что колебания усилий в течение суток могут составлять 7 тс и более.

**Таблица 3.** – Результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки перед ее приемо-сдаточными испытаниями включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды

Дата	Время	Температура внутри оболочки						Температура снаружи оболочки					
		Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С				Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С			
				1	2	3	4			1	2	3	4
05.08.14	04:00	36	39	37	37	38	37	46	24	27	29	26	23
		45		37	38	38	38						
05.08.14	08:00	36	30	37	37	37	36	46	30	26	29	30	28
		45		39	38	39	37						
05.08.14	12:00	36	43	39	39	39	37	46	43	29	37	33	29
		45		40	40	40	39						
05.08.14	16:00	36	41	39	39	39	37	46	37	40	40	31	29
		45		41	41	40	39						
05.08.14	20:00	36	40	39	39	38	37	46	31	34	34	30	30
		45		39	37	38	38						
05.08.14	24:00	36	38	38	38	38	37	46	29	32	30	32	30
		45		39	38	37	38						
06.08.14	04:00	36	38	39	38	38	39	46	26	28	27	25	26
		45		38	37	38	38						
06.08.14	08:00	36	29	36	37	39	36	46	28	27	29	32	27
		45		37	38	37	36						
06.08.14	12:00	36	38	37	38	38	37	46	36	28	35	35	28
		45		39	38	38	37						
06.08.14	16:00	36	38	38	39	39	38	46	37	30	34	35	30
		45		39	38	39	37						
06.08.14	20:00	36	38	39	39	40	39	46	37	32	35	33	31
		45		40	39	40	38						
06.08.14	24:00	36	34	39	39	39	38	46	34	30	33	31	29
		45		39	40	39	38						

4) Измерения перемещений стенки защитной оболочки в радиальном направлении с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) в створах № 1 – 4 показали, что все 12 датчиков ПЛПС остаются в работоспособном состоянии, о чем свидетельствует хорошая сходимость получаемых результатов измерений в каждом из 4 створов. Большинство преобразователей показывают, что в период с декабря 2013 г. до конца апреля 2014 г. показания не имеют существенных изменений. Однако с начала мая 2014 г. до начала приемо-сдаточных испытаний наблюдалось уменьшение диаметра защитной оболочки. Во всех створах уменьшение радиуса составило порядка 3-4 мм.

5) Результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды, будут использованы в расчетах НДС защитной оболочки при проведении приемо-сдаточных испытаний и обосновании эксплуатационной пригодности сооружения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев, В.Н. и др.* 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. *Гайрабеков, И.Г. и др.* Результаты выполненных работ в рамках мониторинга защитных герметичных оболочек строящихся блоков Ростовской АЭС [Текст] / И.Г. Гайрабеков, Ю.И. Пимшин, О.А. Губеладзе, В.Н. Медведев // Сборник статей по итогам научно-практических конференций. Выпуск 7, Часть 1. – М., 2014. – Приложение к журналу: Известия ВУЗов «Геодезия и аэрофотосъемка». – С. 29-30.
3. *Медведев, В.Н. и др.* Анализ результатов предварительного напряжения защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС [Текст] / В.Н. Медведев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, А.С. Киселев // Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики: тез. Девятой междунар. науч.-техн. конф.: пленарные и секционные доклады. – МНТК-2014, Москва, 21–23 мая 2014 г. – М., 2014. – С. 290–295.

## REFERENCES

- [1] Medvedev V.N., Kiselev Aleksandr S., Kiselev Aleksej S., Ulyanov A.N., Strizhov V.F., Potapov E.A. Naturnye nablyudeniya na e'tape stroitel'stva zashhitnoj obolochki e'nergobloka № 3 Rostovskoj AES [Natural supervision at a stage of construction of the Rostov NPP power unit № 3 protective cover]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety], 2014, Vol. 3(12), ISSN 2305-414X, p. 89–99. (in Russian)
- [2] Gajrabekov I.G., Pimshin Yu.I., Gubeladze O.A., Medvedev V.N. Rezultaty vypolnennyx rabot v ramkax monitoringa zashhitnyx germetichnyx obolochek stroyashixsya blokov Rostovskoj AES [Results of the performed works within monitoring of protective tight covers of the Rostov NPP construction blocks]. Sbornik statej po itogam nauchno-prakticheskix konferencij [The collection of articles following the results of scientific and practical conferences.]. [Release] 7, Vol. 1, Prilozhenie k zhurnalu: Izvestiya VUZov «Geodeziya i ae'rofotosjemka» [Annex to the magazine: News of higher education institutions "Geodesy and aerial photography"], M. 2014, ISSN 0536-101X, p. 29–30. (in Russian)
- [3] Medvedev V.N., Ulyanov A.N., Strizhov V.F., Kiselev A.S. Analiz rezul'tatov predvaritel'nogo napryazheniya zashhitnoj obolochki e'nergobloka № 3 Rostovskoj AES [Analysis of results of preliminary tension of a protective cover of the Rostov NPP power unit № 3]. Bezopasnost, effektivnost i ekonomika atomnoj energetiki [Safety, efficiency and economy of nuclear power:] : tez. Devyatoj mezhdunar. nauch.-texn. konf.: plenarnye i sekcionnye doklady [theses of the Ninth international scientific and technical conference: plenary and section reports]. – MNTK[international scientific and technical conference]-2014, Moscow, May 21–23, 2014. M. 2014, (in Russian)

### Natural Supervision of the Rostov NPP Power Unit № 3 Protective Cover after Pretension

**V.N. Medvedev\*, N.A. Kiselev\*, E.S. Krutko\*,  
A.N. Ulyanov\*, V.F. Strizhov\*, E.A. Potapov\*\***

\* *Institute of nuclear power safe development problems  
52, Bolshaya Tulsкая, Moscow, Russia 113191  
e-mail: cont@ibrae.ac.ru*

\*\* *Rostov NPP the branch of JSC Rosenergoatom Concern,  
Volgodonsk-28, Rostov region, Russia 347340  
e-mail: tn17046@yandex.ru*

**Abstract** – The assessment of the intense deformed condition of the Rostov NPP power unit № 3 protective cover is given in work from the moment of the termination of pretension to acceptance tests.

*Keywords:* protective cover, NPP, reinforcing ropes, concrete, tension, efforts.