

**ТЕХНОЛОГИЯ
РАБОТ И КОНТРОЛЬ
КАЧЕСТВА ПРИ БЕТОНИРОВАНИИ
БЛОКОВ «СУХОЙ ЗАЩИТЫ»
С СЕРПЕНТИНитОВЫМ БЕТОНОМ**

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ ООО ИК «НИИЖБ»:

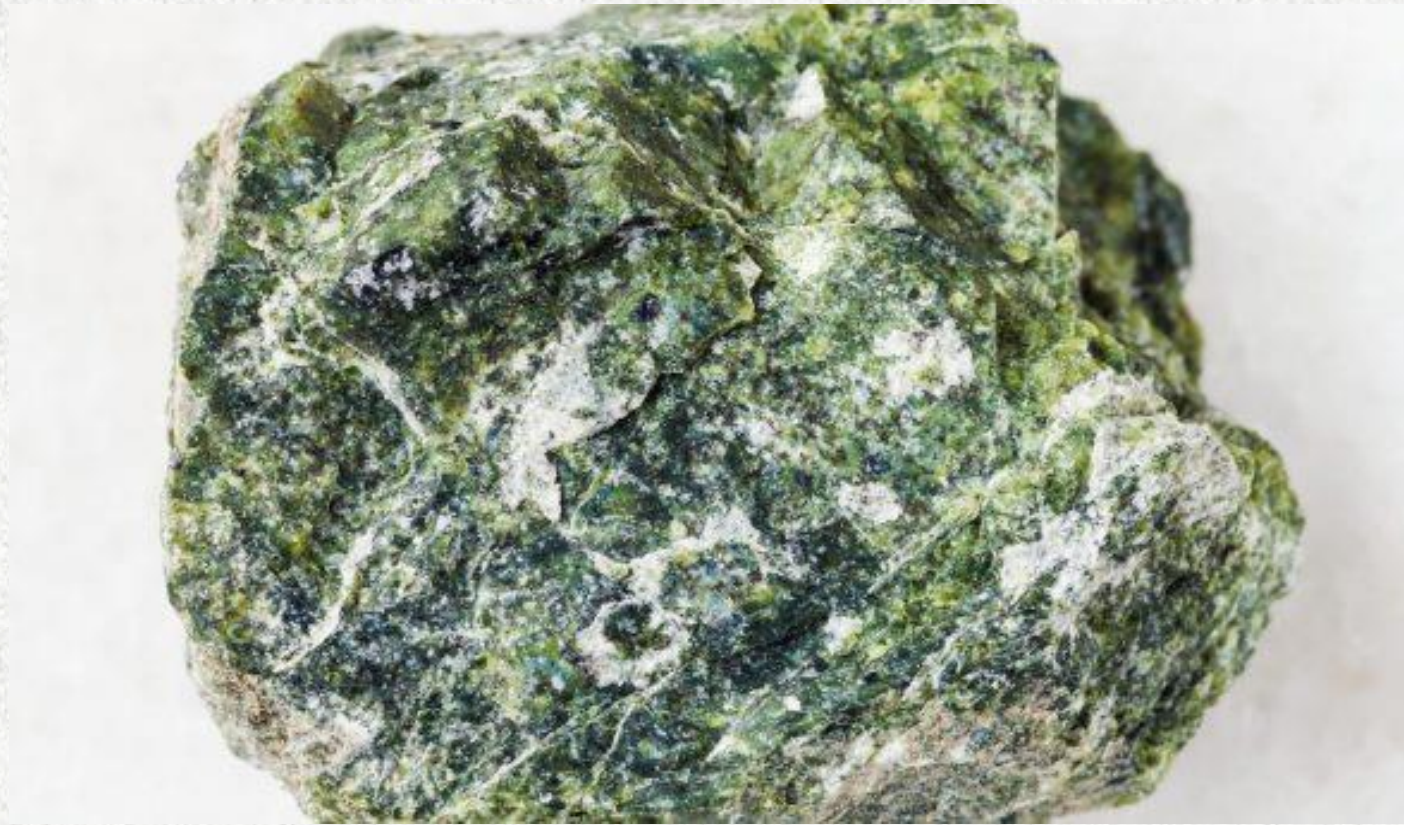
- Разработка производственно-технологической документации;
- Локализация строительных материалов при сооружении ОИЯЭ
- Разработка и изготовление контуров безопасности ОИЯЭ с использованием инновационных технических решений;
- Выполнение материаловедческих работ и исследований;
- Научно-техническое сопровождение строительства;
- Инженерные изыскания в строительстве;
- Разработка экспертных заключений.



Шахта реактора является несущей конструкцией реакторного отделения атомной станции, поэтому температурные и радиационные нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации реактора, на бетон должны быть ограничены.

Функцию радиационно-теплового экрана защиты конструкций от воздействия нейтронного потока активной зоны реактора выполняет т.н. «сухая защита» реактора.

Конструкция «сухой защиты» в современных реакторах представляет собой толстостенную цилиндрическую самонесущую конструкцию из армированного серпентинитового бетона с облицовкой из стального листа. Конструкция «сухой защиты» может выполняться в сборном варианте: в виде цилиндра из 10-ти монтажных элементов (блоков) или двух (верхний и нижний) цилиндрических корпусов. В процессе изготовления сухой защиты» металлические сегменты и цилиндры заполняют бетонной смесью с серпентинитовым наполнителем.



Химическая основа серпентинита - многоосновный гидросиликат магния $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$, который сохраняет до 14% кристаллизационной воды при температуре до $500^{\circ}C$. Водород в составе кристаллизационной воды обеспечивает эффективное замедление нейтронного потока.

Технология изготовления блоков «сухой защиты»

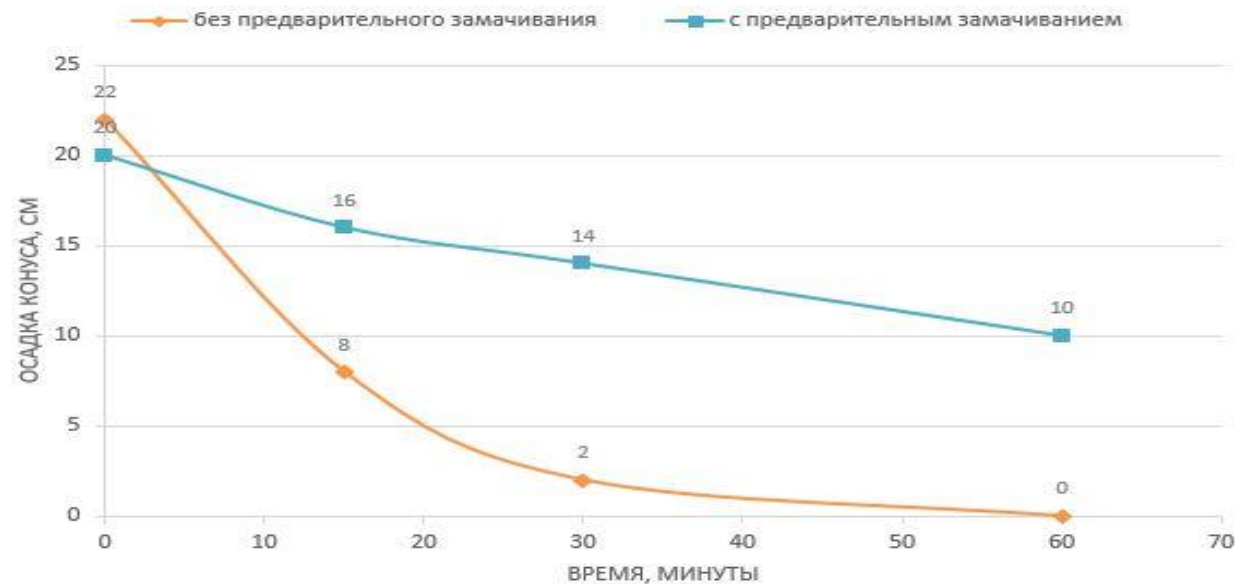
1. Бетонирование блока «серпентинитовым бетоном»
2. Сушка (термообработка) блока
3. Контроль качества бетона и блока
4. Сборка элементов блока

Технологической особенностью серпентинитового бетона является быстрая потеря подвижности бетонной смеси вследствие активного капиллярного всасывания воды.

Этот процесс связан с наличием в составе заполнителя волокон асбеста, как в свободном виде, так и в щебне. Капиллярные силы способствуют интенсивному всасыванию и удержанию воды в волокна асбеста.

Сушка блока сухой защиты производится при температуре 250-320°C до полного удаления физически связанной воды из бетона. Как правило, этот процесс с учетом постепенного подъема, изотермического прогрева и снижения температуры занимает 14-17 дней.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОДГОТОВКИ ЗАПОЛНИТЕЛЯ



Подвижность бетонной смеси может изменяться от 22-24 см до 6-8 см в течение 15 мин и до 1-2 см через 30 мин. С целью обеспечения сохраняемости серпентинитовый заполнитель может быть замочен в течение 10-14 дней. Опыт показал, что при таких условиях, серпентинитовая бетонная смесь способна к транспортировке и технологическим пределам в течение 1-1,5 часов после приготовления. Подвижность смеси изменилась не более 2-4 см после приготовления, что позволило применить бетононасос при бетонировании конструкции. Для повышения подвижности бетонной смеси была также использована добавка суперпластификатор С-3.



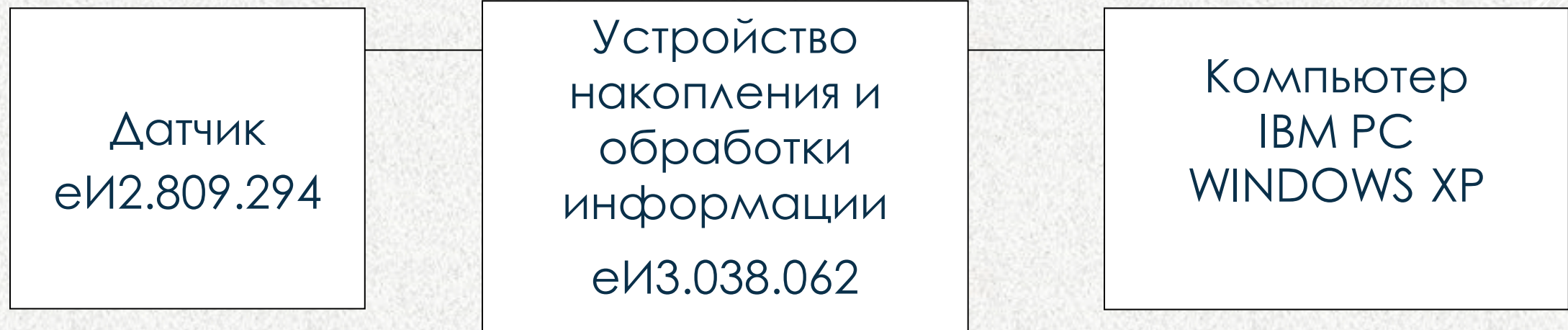


Печь завода «Атоммаш»



Качество таких изделий, объективность работы ионизационных камер системы управления, определяется, в том числе, однородностью распределения атомов водорода, обеспечивающих замедление нейтронного излучения в различных объемах. Для контроля качества таких изделий может быть применен метод нейтронного профилирования с помощью детектирования сигнала от источника быстрых нейтронов (Pu, Am) и оценка статистического распределения полученных откликов.

Измеритель влажности нейтронный ИВН еИ1.560.091

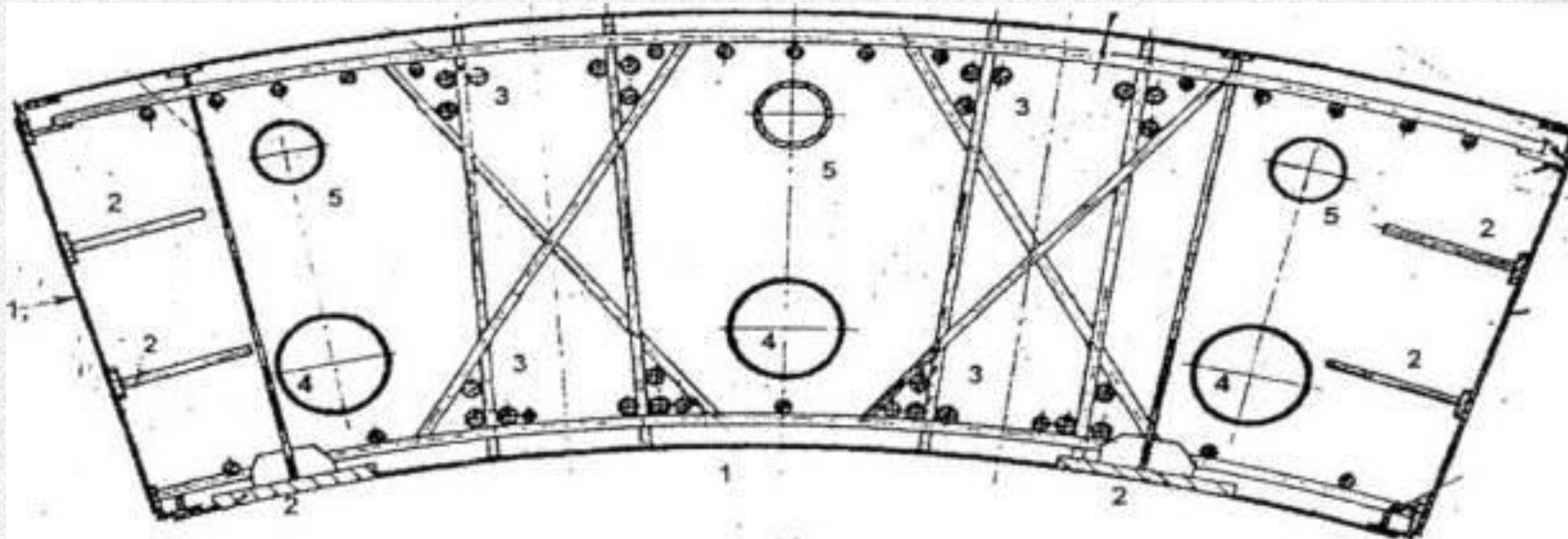


Принцип работы прибора:

Датчик ДН-М с установленным в него источником быстрых нейтронов ИБН помещают в измерительный канал блока «сухой защиты». Источник быстрых нейтронов (ИБН) образует вокруг себя нейтронное поле, вылетевшие быстрые нейтроны, сталкиваясь с атомами водорода измеряемого вещества, замедляются, их регистрирует счетчик датчика ДН-М. Полученный несформированный аналоговый сигнал поступает в устройство накопления и обработки информации (УНО). В УНО сигнал преобразовывается в цифровое значение счета импульсов, и далее передается в компьютер в виде чисел для набора статистики и определения качества заливки блоков «сухой защиты». Фиксируемое за определённое время число импульсов позволяет оценить плотность распределения атомов водорода в измеряемой сфере.

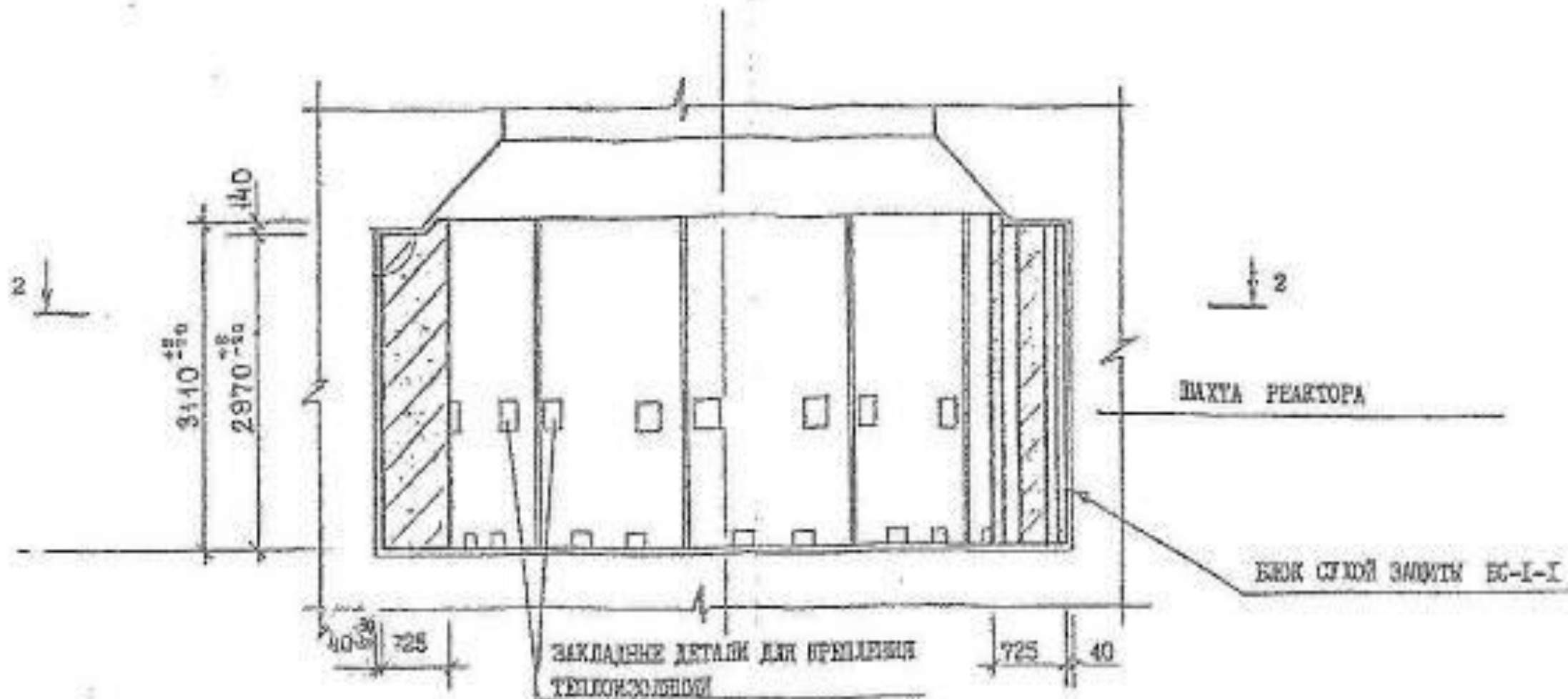
- ▶ По результатам нейтронного профилирования блока защиты после сушки и сопоставления их с результатами оценки влажности контрольных образцов можно сделать о завершенности процесса сушки и остаточной влажности бетона.
- ▶ Интенсивность счета после термообработки блоков меняется в пределах 25-30 % в сторону снижения, что свидетельствует о завершенности процесса сушки и находится в хорошем соответствии с аналогичными данными, полученными ранее исследованиями МГСУ.
- ▶ Полученные результаты обрабатываются, и на основании полученных данных составляется протокол проведения нейтронного профилирования, определяющий качество бетонирования блоков, наличие пустот и качество сушки (термообработки) бетона.



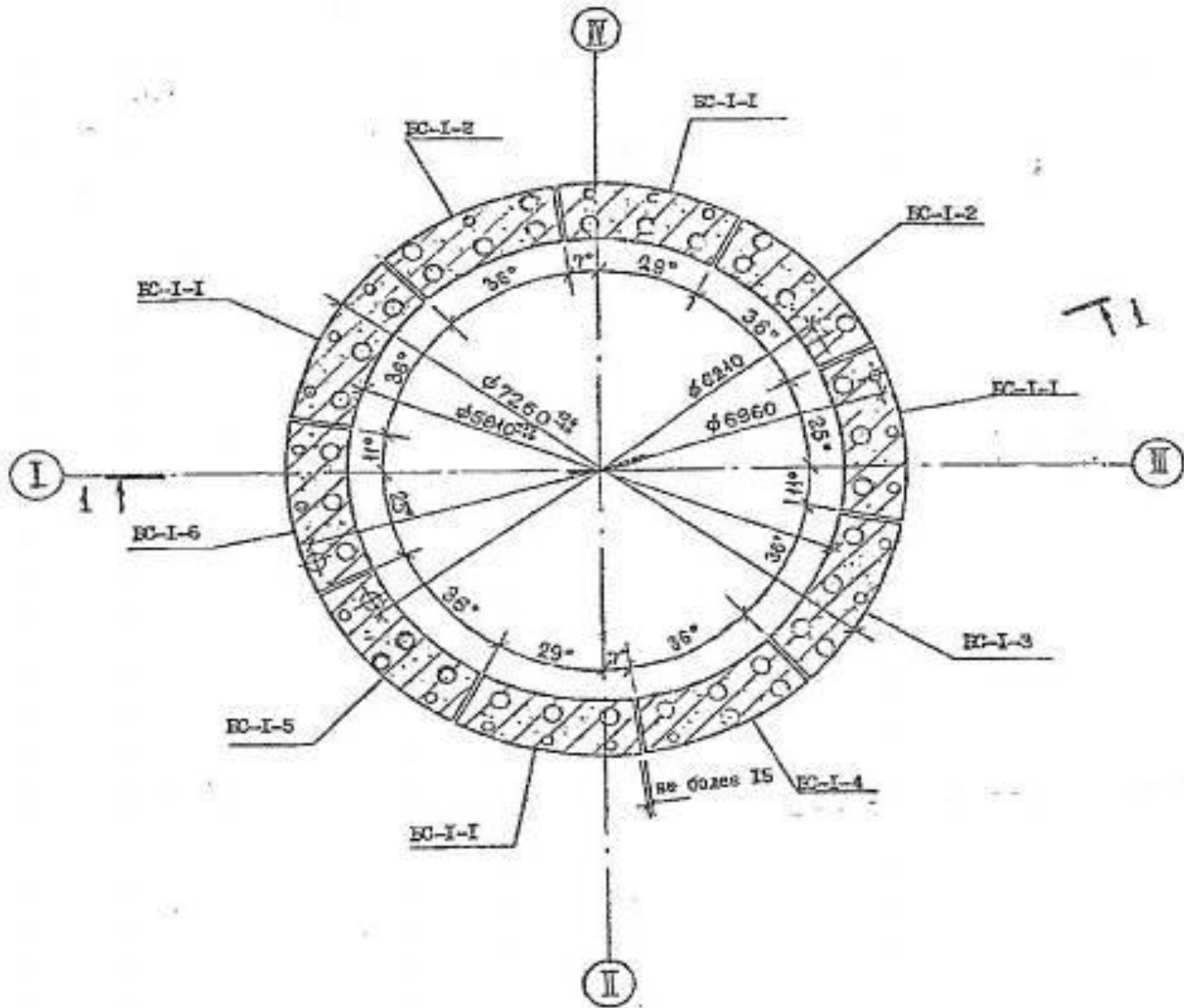


**Поперечное сечение блока «СЗ» со схемой армирования.
1 – облицовка; 2 – закладные детали; 3 – арматурные каркасы; 4 – проходки для каналов ИК; 5 – проходки для каналов противовесов.**

РАЗРЕЗ I-I



ПЛАН ПО 2-2







Состав бетона на 1 м³ В12,5 П2
Цемент - 330 кг
Галя серпентинитовая – 660 кг
Щебень серпентинитовый – 1100 кг
Вода – 230 кг
Суперпластификатор С 3 – 0,8% Ц

Бетон блоков «СЗ» твердел в камере тепловлажностной обработки на полигоне ВФ ООО «Бетон». Для обеспечения температурно-влажностного режима использовался парогенератор Meksis KMBS – 2000. Режим пропарки забетонированных блоков согласовывался с представителем НИИЖБ и представителем строительной лаборатории.



Режим твердения бетона блоков «СЗ» в камере тепловлажностной обработки 4ч+4ч+18ч+4ч при температуре изотермического прогрева +70оС и влажности не менее 95%. Одновременно бетонировали два блока. Бетонирование производили непосредственно в камере тепловлажностной обработки. В соответствии с проектом для обеспечения геометрии блоков в процессе бетонирования изделия находились в ложементках.

Пропаривание в камере тепловлажностной обработки проводили по два блока одновременно. После пропаривания блоки складировали в смежных отсеках камеры ТВО, где поддерживали температуру не ниже 5оС.



Результаты контроля процесса тепловлажностной обработки блоков сухой защиты проведённых на полигоне ВФ ООО «Бетон» в камере ТВО. Температуру определяли с помощью термометра ТК – 5.04; влажность определяли с помощью гигрометра ВИТ 2.

Вид технологической операции	Дата	Время	Температура, °С
Подъем температуры	17.10.2013	22:00	48
	17.10.2013	23:00	52
	18.10.2013	00:00	54
	18.10.2013	01:00	57
Изотермическая выдержка	18.10.2013	02:00	59
	18.10.2013	03:00	61
	18.10.2013	04:00	62
	18.10.2013	05:00	64
	18.10.2013	06:00	65
	18.10.2013	07:00	66
	18.10.2013	08:00	67
	18.10.2013	09:00	67
	18.10.2013	10:00	62
	18.10.2013	11:00	63
	18.10.2013	12:00	66
	18.10.2013	13:00	66
	18.10.2013	14:00	67
	18.10.2013	15:00	68
	18.10.2013	16:00	68
	18.10.2013	17:00	68
	18.10.2013	18:00	67
18.10.2013	19:00	65	
18.10.2013	20:00	64	
Снижение температуры	18.10.2013	21:00	58
	18.10.2013	22:00	51
	18.10.2013	23:00	49
	19.10.2013	00:00	48

Журнал контроля тепло-влажностной обработки блоков сухой защиты.

Дата бетонирования: « 17 » октября 2013 г.

Место бетонирования: камера ТВО – полигон ВФ ООО «Бетон».

Маркировка (шифр) изделия: БС-1-5; БС-1-1.

Класс бетона: В12,5

Для контроля температуры сушки блоков «СЗ» использовали термопары и многоканальный регистратор температуры потенциометр КСП-4 с самописцем, соединенный с термодатчиками через адаптер. Термодатчики устанавливали в 1-3-5 блок «СЗ» от шибера печи в каждом ряду сушки. Датчики были установлены в скважины (гнезда) диаметром 10-12 мм глубиной 350-360 мм в блоках «СЗ» и в блоке имитаторе.

	23.05	55	60	50
00:05	55	60	55	
01:05	58	60	55	
02:05	59	61	55	
03:05	59	61	56	
04:05	60	62	57	
05:05	60	63	58	
06:05	61	64	59	
07:05	61	65	60	
08:05	62	66	61	
09:05	63	68	62	
10:05	64	70	63	
11:05	65	72	64	
12:05	66	74	65	
13:05	67	76	66	
14:05	68	78	67	
15:05	70	80	69	
16:05	72	80	70	
17:05	73	80	71	
18:05	75	80	72	
19:05	77	80	73	
20:05	78	80	75	
21:05	79	80	78	
22:05	80	85	80	
23:05	80	85	80	
00:05	81	86	81	
01:05	82	87	82	
02:05	83	88	83	
03:05	85	90	85	
04:05	88	91	86	
05:05	91	93	87	
06:05	95	95	88	
07:05	97	98	90	
08:05	97	98	90	
09:05	97	99	90	
10:05	98	100	91	
11:05	100	100	93	
12:05	102	102	95	
13:05	102	104	100	
14:05	105	105	102	
15:05	105	105	103	
16:05	107	107	105	
17:05	110	109	105	
18:05	110	110	105	
19:05	112	110	107	
20:05	112	112	107	
21:05	113	114	108	
22:05	113	116	109	
23:05	114	116	109	

	00:05	10:05	17:05	17:05	17:05	17:05
00:05	115	115	115	115	115	115
02:05	114	117	113			
03:05	117	118	115			
04:05	117	119	115			
05:05	118	120	116			
06:05	119	121	118			
07:05	120	122	120			
08:05	121	122	120			
09:05	121	122	120			
10:05	120	123	120			
11:05	120	123	120			
12:05	120	123	120			
13:05	119	123	120			
14:05	119	121	120			
15:05	117	120	120			
16:05	116	120	120			
17:05	115	119	120			
18:05	115	118	120			
19:05	115	118	120			
20:05	117	118	120			
21:05	118	119	120			
22:05	119	119	120			
23:05	120	120	120			
00:05	120	120	120			
01:05	120	120	120			
02:05	120	120	120			
03:05	120	120	120			
04:05	120	120	120			
05:05	120	120	120			
06:05	120	120	120			
07:05	120	120	120			
08:05	120	120	120			
09:05	120	120	115			
10:05	120	120	120			
11:05	120	120	120			
12:05	115	120	120			
13:05	115	120	120			
14:05	115	120	120			
15:05	115	120	120			
16:05	115	120	120			
17:05	115	120	120			
18:05	115	120	120			
19:05	115	120	120			
20:05	115	115	115			
21:05	115	115	115			
22:05	115	115	115			
23:05	115	115	115			
00:05	110	115	115			
01:05	110	115	115			
02:05	110	115	115			
03:05	110	115	115			
04:05	110	115	115			
05:05	110	115	115			
06:05	110	115	115			
07:05	110	115	115			
08:05	111	116	116			
09:05	112	117	117			
10:05	114	118	118			
11:05	116	118	119			
12:05	118	118	119			
13:05	118	118	119			
14:05	117	118	118			
15:05	117	118	118			
16:05	117	118	118			
17:05	117	118	118			
18:05	117	118	118			
19:05	117	118	118			
20:05	117	118	118			
21:05	117	118	118			
22:05	117	118	118			
23:05	117	118	118			
00:05	117	118	118			
01:05	117	118	118			
02:05	117	118	118			
03:05	117	118	118			
04:05	117	118	118			
05:05	117	118	118			
06:05	117	118	118			
07:05	117	118	118			
08:05	117	118	118			
09:05	117	118	118			
10:05	117	118	118			
11:05	117	118	118			
12:05	117	118	118			
13:05	117	118	118			
14:05	117	118	118			
15:05	117	118	118			
16:05	117	118	118			
17:05	117	118	118			
18:05	117	118	118			
19:05	117	118	118			
20:05	117	118	118			
21:05	117	118	118			
22:05	117	118	118			
23:05	117	118	118			

	00:05	10:05	10:05	10:05	10:05	10:05
00:05	120	120	120	120	120	120
01:05	120	120	120	120	120	120
02:05	120	120	120	120	120	120
03:05	120	120	120	120	120	120
04:05	120	120	120	120	120	120
05:05	120	120	120	120	120	120
06:05	120	120	120	120	120	120
07:05	120	120	120	120	120	120
08:05	120	120	120	120	120	120
09:05	120	120	120	120	120	120
10:05	120	120	120	120	120	120
11:05	120	120	120	120	120	120
12:05	120	120	120	120	120	120
13:05	120	120	120	120	120	120
14:05	120	120	120	120	120	120
15:05	120	120	120	120	120	120
16:05	120	120	120	120	120	120
17:05	120	120	120	120	120	120
18:05	120	120	120	120	120	120
19:05	120	120	120	120	120	120
20:05	120	120	120	120	120	120
21:05	120	120	120	120	120	120
22:05	120	120	120	120	120	120
23:05	120	120	120	120	120	120
00:05	120	120	120	120	120	120
01:05	120	120	120	120	120	120
02:05	120	120	120	120	120	120
03:05	120	120	120	120	120	120
04:05	120	120	120	120	120	120
05:05	120	120	120	120	120	120
06:05	120	120	120	120	120	120
07:05	120	120	120	120	120	120
08:05	120	120	120	120	120	120
09:05	120	120	120	120	120	120
10:05	120	120	120	120	120	120
11:05	120	120	120	120	120	120
12:05	120	120	120	120	120	120
13:05	120	120	120	120	120	120
14:05	120	120	120	120	120	120
15:05	120	120	120	120	120	120
16:05	120	120	120	120	120	120
17:05	120	120	120	120	120	120
18:05	120	120	120	120	120	120
19:05	120	120	120	120	120	120
20:05	120	120	120	120	120	120
21:05	120	120	120	120	120	120
22:05	120	120	120	120	120	120
23:05	120	120	120	120	120	120
00:05	120	120	120	120	120	120
01:05	120	120	120	120	120	120
02:05	120	120	120	120	120	120
03:05	120	120	120	120	120	120
04:05	120	120	120	120	120	120
05:05	120	120	120	120	120	120
06:05	120	120	120	120	120	120
07:05	120	120	120	120	120	120
08:05	120	120	120	120	120	120
09:05	120	120	120	120	120	120
10:05	120	120	120	120	120	120
11:05	120	120	120	120	120	120
12:05	120	120	120	120	120	120
13:05	120	120	120	120	120	120
14:05	120	120	120	120	120	120
15:05	120	120	120	120	120	120
16:05	120	120	120	120	120	120
17:05	120	120	120	120	120	120
18:05	120	120	120	120	120	120
19:05	120	120	120	120	120	120
20:05	120	120	120	120	120	120
21:05	120	120	120	120	120	120
22:05	120	120	120	120	120	120
23:05	120	120	120	120	120	120

	00:05	10:05	10:05	10:05	10:05	10:05
00:05	140	150	160	170	180	190
01:05	140	150	160	170	180	190
02:05	140	150	160	170	180	190
03:05	140	150	160	170	180	190
04:05	140	150	160	170	180	190
05:05</						

Журнал контрольного взвешивания образца-имитатора.

Дата начала термообработки: «18» декабря 2013 г.

Номер термокамеры: MANESMAN 23-1.

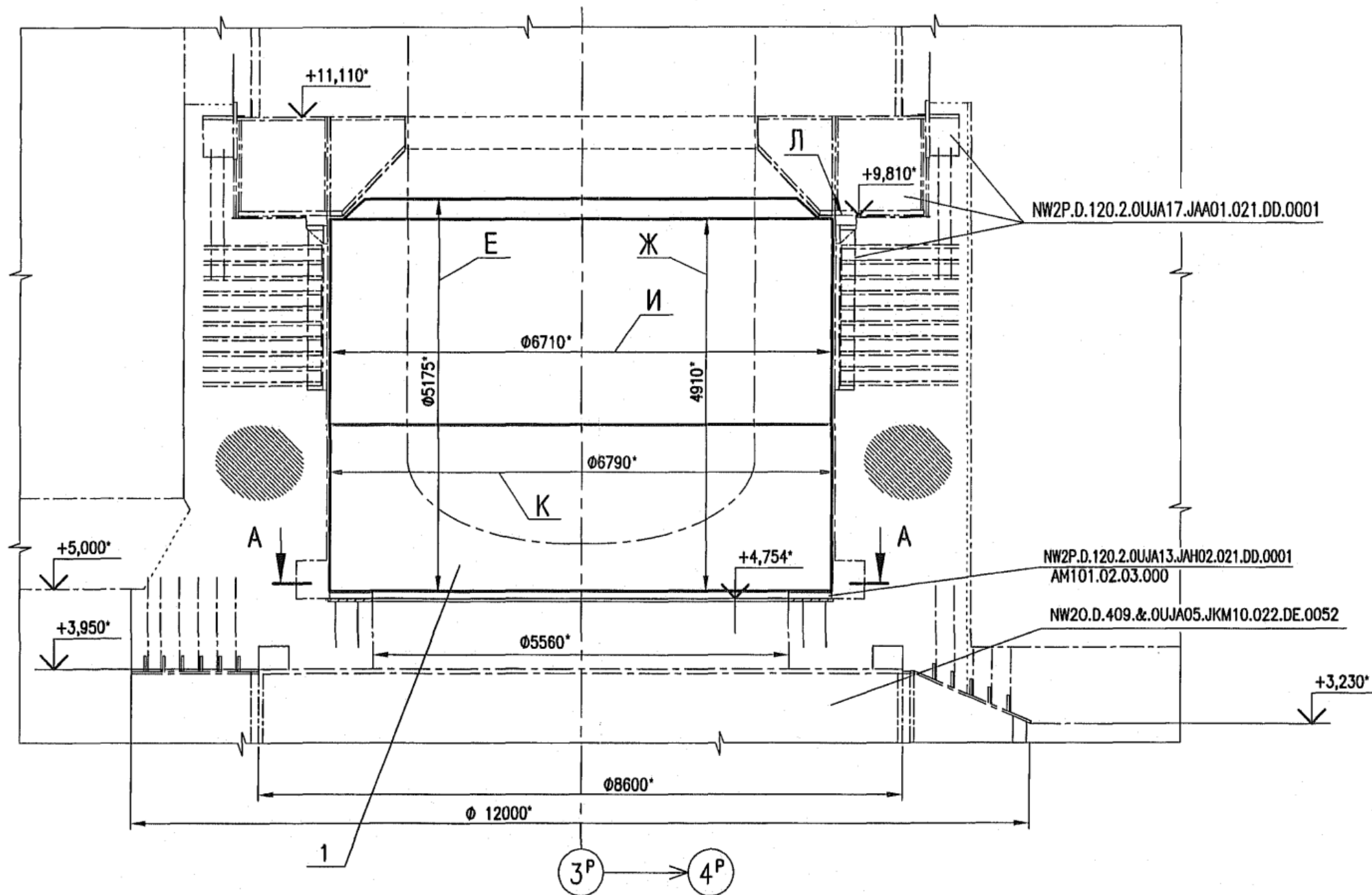
Физическое состояние образца-имитатора	Дата	Время	Масса, кг
Горячее состояние	10.01.2014 г.	11:00	848
	10.01.2014 г.	17:00	848
	10.01.2014 г.	23:00	848
	11.01.2014 г.	05:00	848
	11.01.2014 г.	11:00	848
	11.01.2014 г.	17:00	848
	11.01.2014 г.	23:00	848
	12.01.2014 г.	05:00	848
	12.01.2014 г.	11:00	848
	12.01.2014 г.	17:00	848
Остывшее состояние	12.01.2014 г.	10:00	848

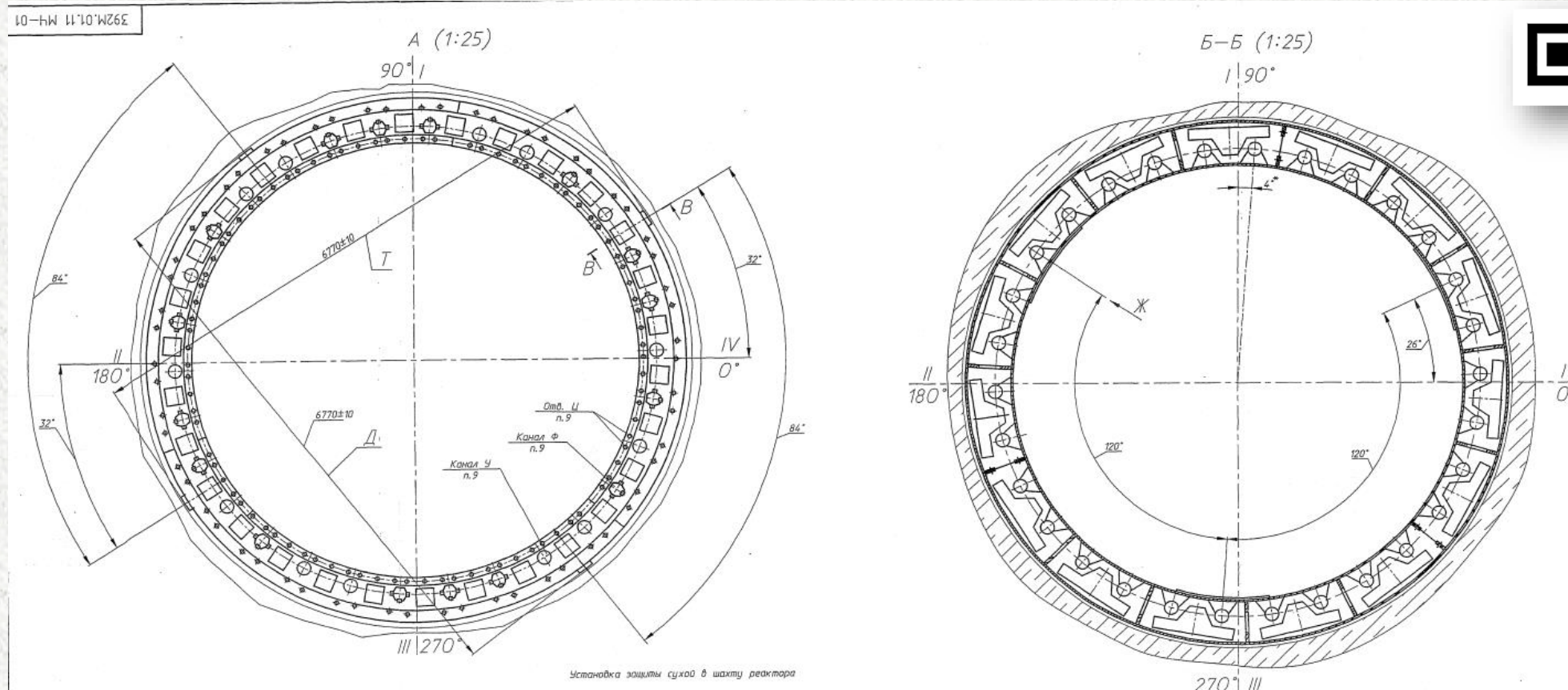
Оперативный контроль качества сушки и термообработки блоков «СЗ» проводился путем взвешивания образца-имитатора. Взвешивание проводилось на крановых весах III класса точности марки МК-10.000



Проходка № 1		Точка измерения					
		1 (300)	2 (800)	3 (1300)	4 (1800)	5 (2300)	6 (2800)
номер измерения	1	80878	88420	90046	88813	89495	87514
	2	80062	88378	90096	88966	89245	86711
	3	80073	88706	89825	88799	89331	87880
	4	80674	87845	89445	88740	89432	87225
	5	80479	88130	90088	89054	89342	87444
Среднее значение, N_{icp}		80433	88296	89900	88874	89369	87355
СКО		362	324	277	131	97	430
Среднее значение по шести точкам, $N_{срср}$		87371					
$\Delta_{ср} = N_{срср} - N_{icp}$		6938	-925	-2529	-1503	-1998	16
$\Delta_{ср} = N_{срср} - N_{icp}, \%$		7,9	-1,1	-2,9	-1,7	-2,3	0,0
СКО, $N_{срср}$		3511					
Коэффициент вариации $V, \%$		4,0					







Расход материалов на 1 м³ смеси В12,5 ПЗ:

Цемент, 350 кг

Серпентинитовая галля, 640 кг

Серпентинитовый щебень, 1100 кг

Вода, 230 кг

Добавка Гпмж, 0,5% Ц

Пеногаситель, 0,5% Ц



Бетонирование блока «С3»



Нейтронное профилирование блока «С3»

