

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ». РАБОТЫ 2005 – 2010гг.

1. Стабилизация строительных конструкций (по материалам работ [1 – 6]).

1. 1. Основные мероприятия по стабилизации, выполненные в 2004 – 2006гг.

В предыдущем разделе уже говорилось о том, что в конце 2004г. на «Укрытии» начались строительные и монтажные работы по стабилизации строительных конструкций.

К этому времени были пройдены несколько важных подготовительных этапов.

- Были определены конструкции, обрушение которых под воздействием таких внешних факторов, как землетрясение и сильный ветер, было наиболее вероятно и могло сопровождаться опасными радиологическими последствиями.
- Предложены мероприятия по укреплению этих конструкций.
- Проведены расчеты повышения их стабильности после выполнения необходимых работ по стабилизации.
- Среди предлагаемых мероприятий выделена группа безотлагательных.

Разработкой концептуальной и проектной документации занимался Консорциумом KSK в составе: Киевский Научно-Исследовательский и Проектно-Конструкторский Институт «Энергопроект» (КИЭП), Государственный Научно-Исследовательский Институт Строительных Конструкций (НИИСК), Институт проблем безопасности АЭС Национальной Академии Наук Украины (ИПБ АЭС).

В 2003 году KSK был завершен рабочий проект стабилизации по мероприятиям, определенным как безотлагательные. Они перечислены в таблице 1, а расположение конструкций, которые входили в перечень этих мероприятий указано на рис. 1.

Непосредственным осуществлением стабилизационных мероприятий на объекте занимался Российско-Украинский Консорциум «Стабилизация» в составе:

ЗАО «Атомстройэкспорт» - лидер Консорциума, «Южтеплоэнергомонт», «Атомэнергостройпроект», а также «Управление строительства Ровенской АЭС».

Надо отметить, что масштабные строительные работы по дополнительному укреплению «Укрытия» уже проводились в 87 – 89гг. и позднее в 90-х годах.

Необходимость работ 87 – 89гг. была вызвана тем, что исследования, проведенные ВНИПИЭТ и Комплексной экспедицией «Курчатовского института», выявили ряд внутренних конструкций, обрушение которых могло произойти даже в условиях относительно небольших внешних воздействий и привести к серьезным радиационным авариям. Работы по их укреплению были выполнены в пом. 635/3 (деаэрационная этажерка), в пом. 402/3 (помещение двигателей ГЦН), в пом. 805/3 (помещение воздухопроводов вытяжной вентиляции) и в ряде других. Кроме того, в 1988г. были демонтированы поврежденные фермы покрытия машинного зала. Вместо них смонтировано новое покрытие, опирающееся на железобетонные стены, возведенные в машзале. Эти мероприятия выполнялись с привлечением большого количества работающих (до 3000 человек в «пиковые» периоды) и потребовали значительных финансовых и дозовых затрат.

В 90-х годах было проведено усиление ряда конструкций «Укрытия», которые существенно влияли на несущую способность и устойчивость его западного фрагмента и находились в аварийном состоянии (комплексное усиление опорных узлов балок Б1 и Б2 по оси 50 и участков западной стены, на которую они опираются). Были усилены и конструкции вентиляционной трубы, общей для 3-го и 4го блоков.

Таблица 1. Стабилизационные мероприятия и их эффективность [1].

Номер мероприятия И время его завершения	Зоны и конструкции, для которых выполнены стабилизационные мероприятия	Краткая характеристика стабилизационного мероприятия	Вероятность разрушения до стабилизации, 1/год	Вероятность разрушения после стабилизации, 1/год	Вид нагрузки, определяющей необходимость стабилизации	Пусковые комплексы. Время завершения мероприятий.
№ 2, завершено 30.05.2008	Западная зона Стена по оси 50 с прилегающим каркасом	Сооружение дополнительной металлической опорной конструкции. Этим достигается усиление контрфорсной стены и стены по оси 50 с примыкающим каркасом.	$1,3 \times 10^{-1}$	2×10^{-3}	Сейсмика ²	4-й пусковой комплекс.
	Западная контрфорсная стена		1×10^{-4}	1×10^{-4}		
№ 3,3b и 3с, завершены 25.05.2005	Южная зона Деаэрационная этажерка	Дополнительное укрепление каркаса деаэрационной этажерки и плит перекрытия в южной зоне	$1,3 \times 10^{-1}$	1×10^{-3}	Сейсмика	2-й пусковой комплекс.
№ (5+11), Завершены 28.11.06	Восточная и северная зона Северная контрфорсная стена и узел ее сопряжения с северными щитами-«кляушками»	Соединение северных щитов-«кляушек» с северной контрфорсной стеной и укладку бетона в контрфорсную стену до проектных отметок.	$1,4 \times 10^{-2}$	1×10^{-4}	Экстремальный ветер	3-й пусковой комплекс.
Без номера (Б/Н), завершено 12.08.2008	Замена и герметизация легкой кровли	Частичный ремонт существующего настила				
№ 14, завершено 01.11.2005	Западная опора балки «Мамонт»	Приварка дополнительных металлических элементов	$1,3 \times 10^{-1}$	1×10^{-3}	Сейсмика	1-й пусковой комплекс.
№ 14а завершено 20.12.2005	Восточная опора балки «Мамонт»	Замоноличивание полостей в основании опоры	$1,3 \times 10^{-1}$	1×10^{-3}	Сейсмика	
№ 8, завершено 12.12.06	Южные щиты-«кляушки»	Соединение щитов и щитов-«кляушек» между собой при помощи металлической фермы	$1,4 \times 10^{-2}$	4×10^{-4}	Экстремальный ветер	3-й пусковой комплекс.

² Сейсмика 6 баллов и нагрузки для кратковременной стабилизации

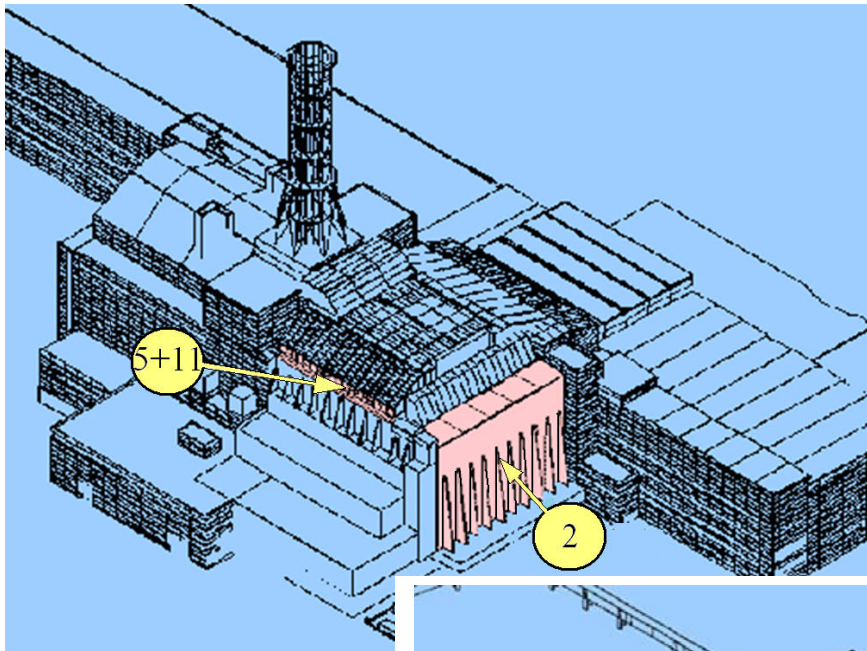
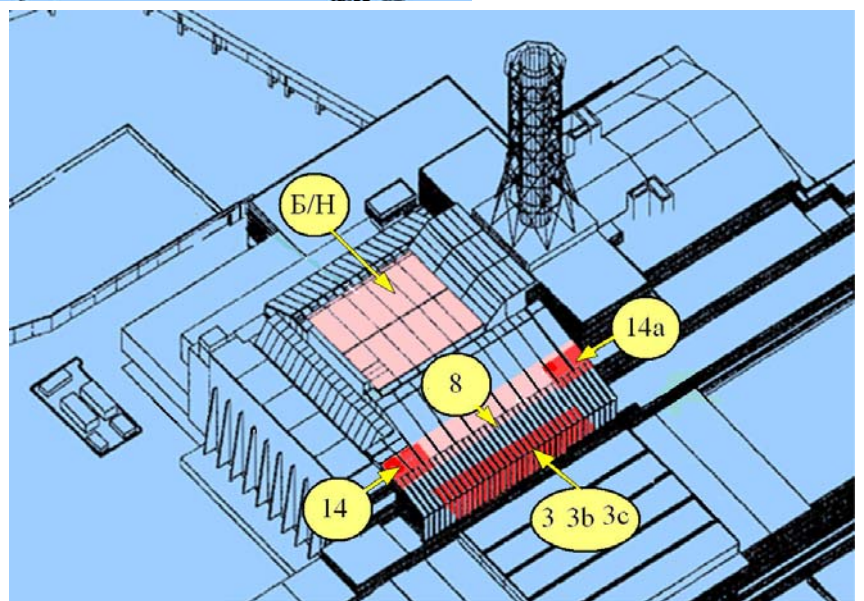


Рис.1. Места проведения работ по стабилизации конструкций объекта «Укрытия». В кружках – номера мероприятий.



Вместе с тем, все перечисленные выше работы, как это видно из таблицы 1, не решили вопроса о гарантированном стабильном состоянии «Укрытия» на время 10 – 15 лет – срока, необходимого для сооружения нового безопасного конфаймента и частичной разборки нестабильных конструкций под его защитой. Эти задачи должны были решить разработанные неотложные мероприятия по стабилизации объекта.

Перед проведением работ по стабилизации специалисты ЧАЭС, Консорциума «Стабилизация», ИПБ АЭС НАНУ, РИЦ «Курчатовский институт» и ряда других учреждений предложили и осуществили целый комплекс мер, существенно увеличивающих безопасность этих работ.

В (2004 – 2006гг.) в ходе выполнения 4-х пусковых комплексов (см. таблицу 1) были осуществлены все намеченные мероприятия. Остановимся на них подробнее.

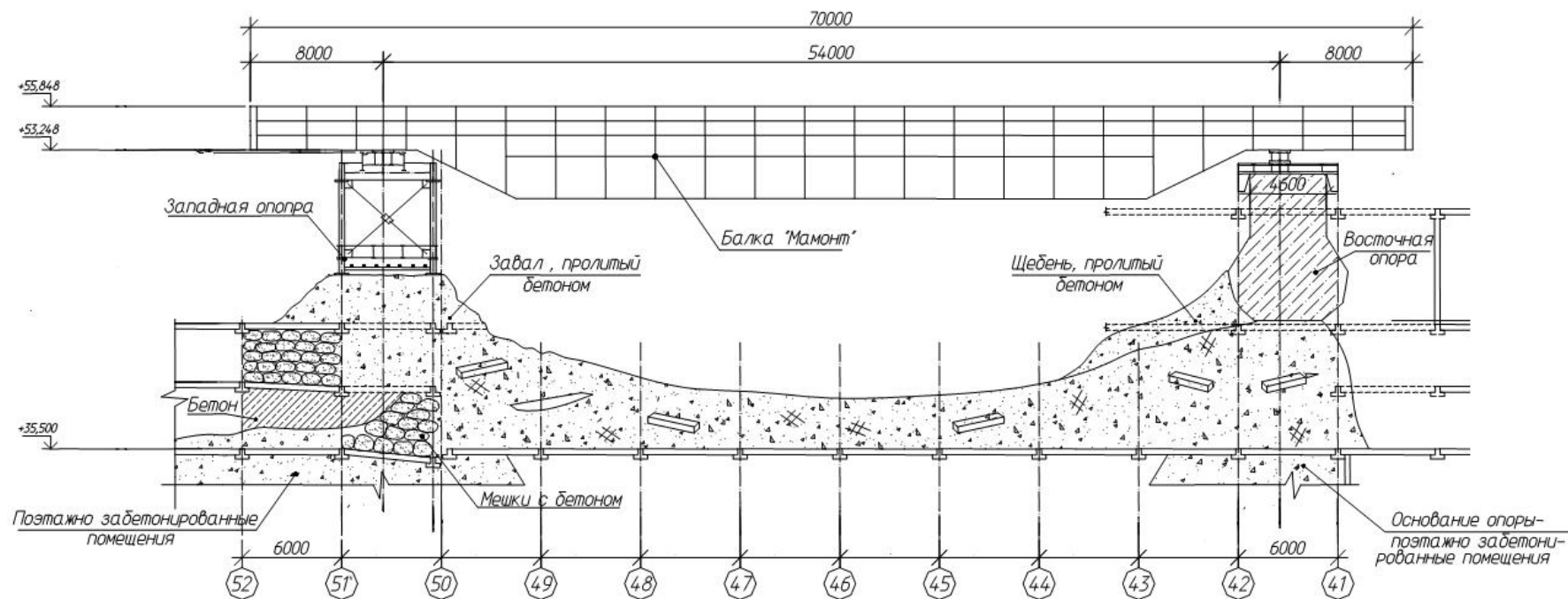
1.2. 1-й пусковой комплекс. Работы по усилению западной и восточной опор балки «Мамонт» (мероприятия №14 и №14а).

Балка «Мамонт» (рис. 2, 3) одна из основных конструкций «Укрытия». Она поддерживает южные щиты – «клюшки», принимая на себя значительную часть их веса.



Рис.2. Балка «Мамонт» и ее опоры (в период строительства «Укрытия»). Разрушенные конструкции деаэрационной этажерки. Колонны отклонены в сторону машинного зала.

Рис.3. Схема расположения балки «Мамонт» и ее опор.

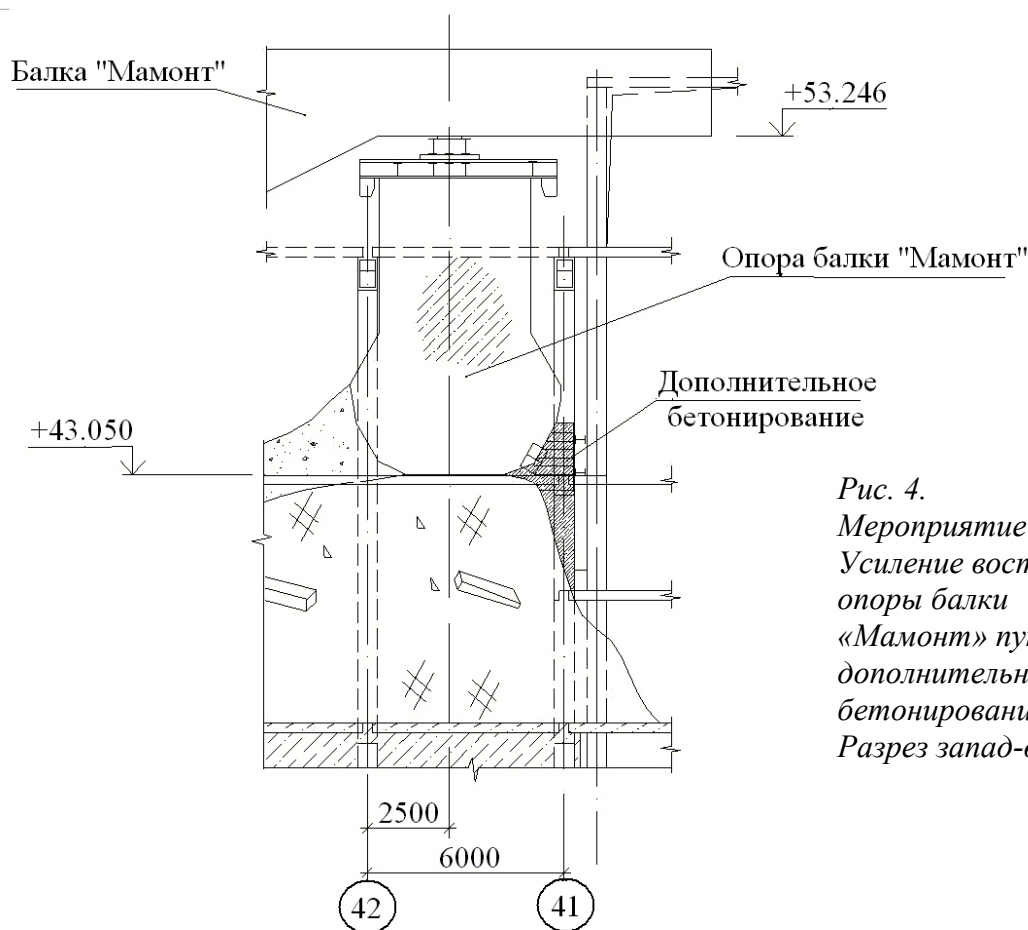


Общая длина балки составляет 70.00 м, а расстояние между ее опорами - 54.00 м. Высота балки (между опорами) до 5,5м. Ее вес – 127т.

При сооружении опор для этой балки из-за больших радиационных полей работа велась дистанционными методами. Это привело к ряду дефектов, которые могли сказаться при воздействии на опоры экстремальных сейсмических нагрузок (землетрясение величиной в 5 баллов).

Западная опора балки «Мамонт» (Мероприятие №14) представляет собой решетчатую металлическую конструкцию, опирающуюся на завал, пролитый бетоном (см. рис.2, 3). Усиление этой конструкции проводилось с целью ликвидировать существующую перегрузку северных опорных стоек и связей между ними. Для этого к конструкциям опоры с северной стороны были приварены дополнительные металлические элементы.

Восточная опора балки «Мамонт» (Мероприятие №14а) выполнена в виде массивной колонны из монолитного бетона в металлической опалубке высотой ~ 9,0м (см. рис.2, 3). Основанием опоры служат залитые бетоном завалы из разрушенных железобетонных и металлических конструкций. В результате обследования было установлено, что в основании опоры имеются незаполненные полости. Эти полости значительно ослабляют всю конструкцию. Поэтому стабилизация восточной опоры заключалась в дополнительном бетонировании полостей в ее основании (см. рис. 4).



*Рис. 4.
Мероприятие №14а.
Усиление восточной
опоры балки
«Мамонт» путем
дополнительного
бетонирования.
Разрез запад-восток.*

Для того, чтобы произвести основные работы по укреплению опор балки «Мамонт», было необходимо произвести целый ряд подготовительных мероприятий: устроить пути для передвижения персонала и грузов по кровле машинного зала, выбрать и обустроить основные и аварийные маршруты движения, произвести монтаж многочисленных технологических конструкций (вспомогательных помещений, навесов, настила, грузопассажирского

подъемника, лестничных модулей и защитного экрана) и проемов для проникновения к месту работ, расположенному непосредственно внутри объекта «Укрытие».

Работы проводились в условиях высоких радиационных полей – от 500 до 1500 миллирентген в час. Однако дозовые нагрузки на персонал удалось значительно снизить за счет технологических решений, примененных в ходе выполнения работ.

1.3. 2-й пусковой комплекс. Дополнительное укрепление каркаса деаэрационной этажерки (ДЭ) и плит перекрытия в южной зоне (мероприятия №3, №3В и №3С) .

При взрыве реактора конструкции ДЭ, расположенные в осях 41-51 выше отметки +38.600 полностью разрушились, а колонны рамного контура³ между отметками +24.270 и +38.600 отклонились от вертикали в сторону машинного зала на 0.6 ÷ 1.1 м (см. рис. 2, 5).

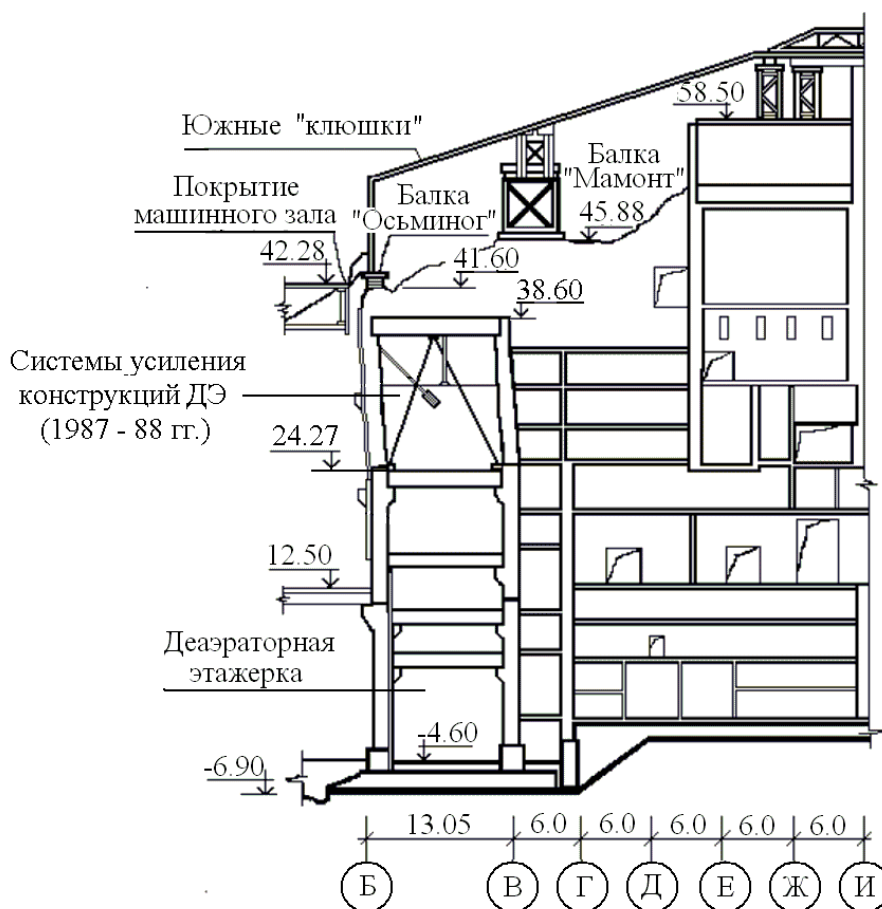


Рис. 5. Конструкции южной зоны объекта «Укрытие» (разрез по оси 50). Показаны некоторые системы усиления, выполненные в 1987-88гг.

Как говорилось выше после завершения работ по возведению объекта «Укрытие» в 1987-88гг. были выполнены дополнительные строительные работы по усилению отдельных конструкций каркаса деаэрационной этажерки (в том числе путем устройства наклонных тяжей и подкосов из металлических швеллеров) (рис.5).

К сожалению, многолетние геодезические наблюдения указывали на то, что в железобетонных конструкциях ДЭ, расположенных с отм.+24.270 до отм.+38.600, процесс

³ Каркас деаэрационной этажерки был сооружен из многэтажных рам, расположенных с шагом 6 м, из сборных железобетонных элементов.

деформации продолжается. В случае возникновения сейсмических нагрузок это могло привести к разрушению колонн и обрушению металлоконструкций южной части «Укрытия». Поэтому в ходе выполнения мероприятий №3, №3В и №3С были приняты меры по дополнительному усилению конструкций деаэрационной этажерки.

Основные работы состояли в установке новых связей, подкосов и распорок, в закреплении опорных узлов уже существующих элементов усиления и т. п.

Было также выполнено усиление перекрытия на отм. +38.600 посредством подведения и закрепления под аварийными железобетонными плитами перекрытия дополнительных металлических опор-площадок.

1.4. 3-й пусковой комплекс. Соединение северных щитов-«ключек» с северной контрфорсной стеной и укладка бетона в контрфорсную стену до проектных отметок (мероприятия №5+№11).

Северная контрфорсная стена выполнена из полых стальных блоков (секций), установленных на верхнем уступе монолитной каскадной стены (см. рис.6, 7). Секции представляют собой металлическую опалубку, которая по проекту должна была быть полностью заполнена бетоном. Верх стены имеет фактическую отметку +54.600.

На нее опираются стальные щиты покрытия («ключки»), которые образуют северный участок оболочки объекта «Укрытие». Щиты установлены на контрфорсную стену и блок балок Б1 без сварки и удерживаются от горизонтальных усилий за счет сил трения.

При создании этого участка «Укрытия» высокие радиационные поля воспрепятствовали качественному выполнению строительно-монтажных работ. Позднейшие обследования выявили многочисленные их недостатки, главные из которых следующие.

- В ряде мест опалубка стены не заполнена бетоном до верху, при этом отклонения от проекта в среднем составляют 0,4 – 0,5 м, иногда достигая 1 – 2 м)
- Верх стены имеет отметку +54.600, при проектной +53.450. В осях 46-50 он смещен в северном направлении по отношению к металлоконструкциям кровли на 450 - 600 мм, что способствует прямому попаданию дождевой воды в незаполненную бетоном контрфорсную стену и непосредственно в центральный зал.
- Опорные балки нескольких щитов опираются только на внутреннюю грань контрфорсной стены - не на бетонный массив, а на металлическую опалубку блоков.
- Щиты – «ключки» расположены относительно друг друга со смещением в направлении север-юг, вследствие чего между смежными щитами образованы щели шириной 30-40 см. Через эти щели дождевые и талые воды попадают внутрь объекта «Укрытие».

Как показали исследования и расчеты, при экстремальных ветровых нагрузках перечисленные недостатки могли привести к потере несущей способности этих конструкций.

Для стабилизации северной зоны кровли «Укрытия» северные «щиты-ключки» были соединены с северной контрфорсной стеной за счет дополнительно установленных на отметке +53.450 металлических анкеров-фиксаторов (мероприятие №5), и последующим добетонированием верхней зоны стены до отм. +54.600 - проектный уровень ее верха (мероприятие. №11) (см. рис. 7).

Дополнительно были изготовлены и установлены в зоне соединения «нащельники» и водоотливные козырьки.

Рис. 6. Северная контрфорсная стена и опирающиеся на нее северные щиты - «клюшки»

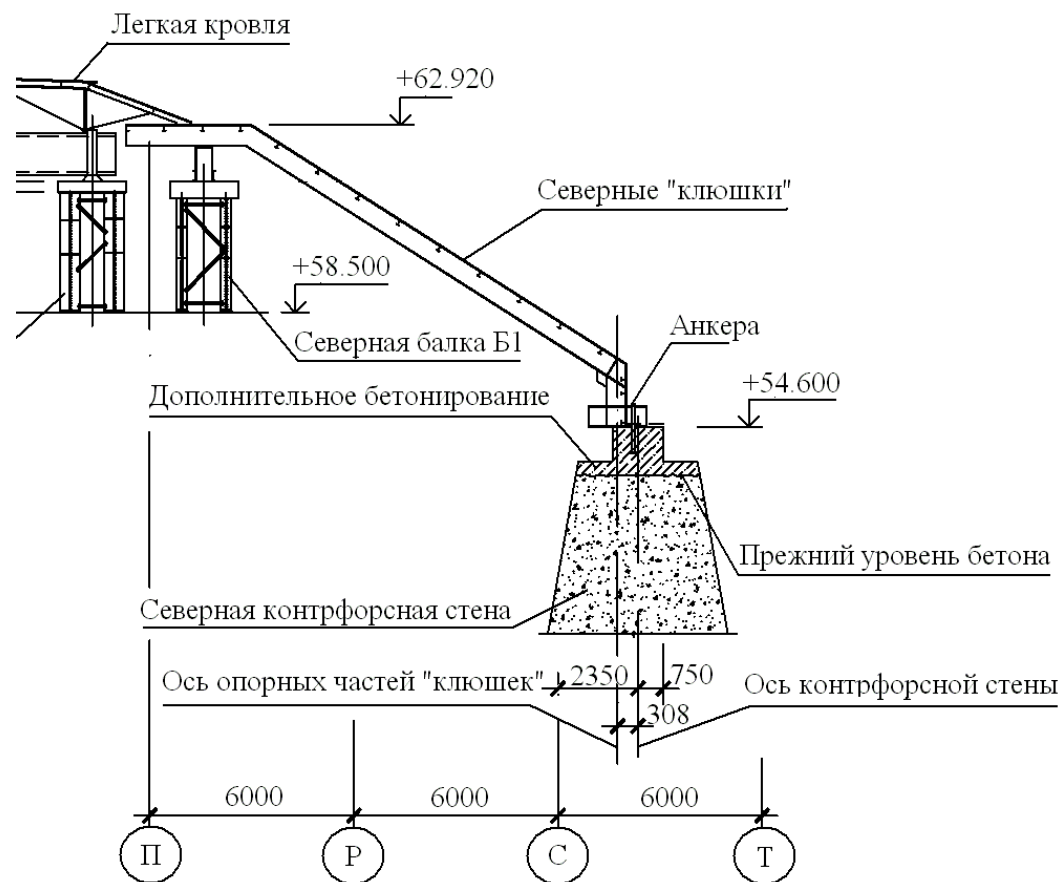


Рис. 7. Схема установки наружных анкеров северных щитов-«клюшек» и добетонирования контрфорсной стены.

1.5. 3-й пусковой комплекс. Соединение щитов и щитов-«ключек» между собой при помощи металлической фермы (мероприятие №8).

Южная зона кровли «Укрытия» состоит из отдельных щитов-«ключек» и плоских щитов удерживающихся практически за счет сил трения.

Ее стабилизация достигнута путем соединения «ключек» с плоскими щитами за счет установки соединительной фермы (рис. 8). Ферма расположена параллельно поверхности кровли на расстоянии примерно 500-700 мм от нее и опирается на монтажные крюки щитов и «ключек», выступающих над поверхностью кровли.



Рис. 8. Соединительная ферма на опорах, приваренных к монтажным крюкам южных щитов покрытия (мероприятие №8). Верхняя площадка для прохода вдоль фермы.

1.6. 4-й пусковой комплекс. Стабилизация конструкций западной зоны (контрфорсная стена и стена по оси 50). Мероприятие №2.

Выше уже говорилось о том, что в 90-е годы предпринимались меры по укреплению конструкций «Укрытия» - железобетонной стены по оси 50, опорных узлов блоков балок Б1 и Б2 на стене по оси 50 (см. рис.9), которые существенно влияют на несущую способность и устойчивость западного фрагмента в целом.

Эти меры были необходимы, но оказались недостаточными для того, чтобы полностью обезопасить объект от разрушения при экстремальных сейсмических воздействиях⁴.

Стабилизационное мероприятие №2 кардинальным образом решило эту проблему.

Усиление западного фрагмента «Укрытия» осуществлялось путем сооружения у западной контрфорсной стены металлической конструкции, состоящей из двух башен – опор, размерами 8,5x15м и общей высотой 49,2 м, соединенных между собой пространственными фермами в трех уровнях (рис. 10). Башни имеют консоли протяженностью до 22,8 м в направлении контрфорсной стены (выполнены в виде буквы «Г»). Опоры установлены на железобетонные фундаменты, под которыми устроена монолитная железобетонная плита толщиной 6 метров.

Общая масса металлоконструкций усиления — 750 т. Объем железобетонного фундамента — 4 500 кубических метров.

⁴ Наибольшие опасения вызывали узлы опирания блоков балок Б1 и Б2 на стену по оси 50, особенно узел опирания блоков балок Б1 и Б2 по ряду Ж.

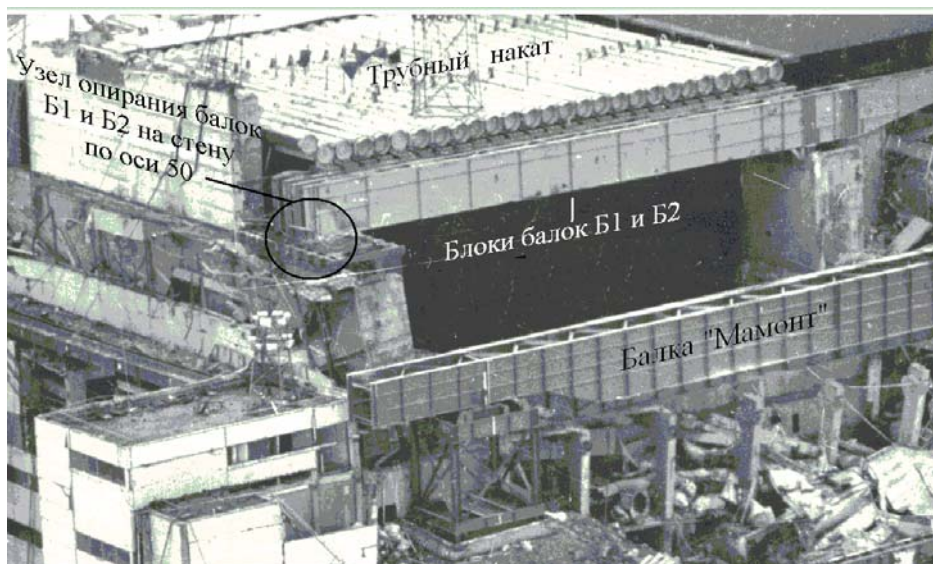


Рис.9.
Строительство
«Укрытия».
Вид с юго-
запада.

А

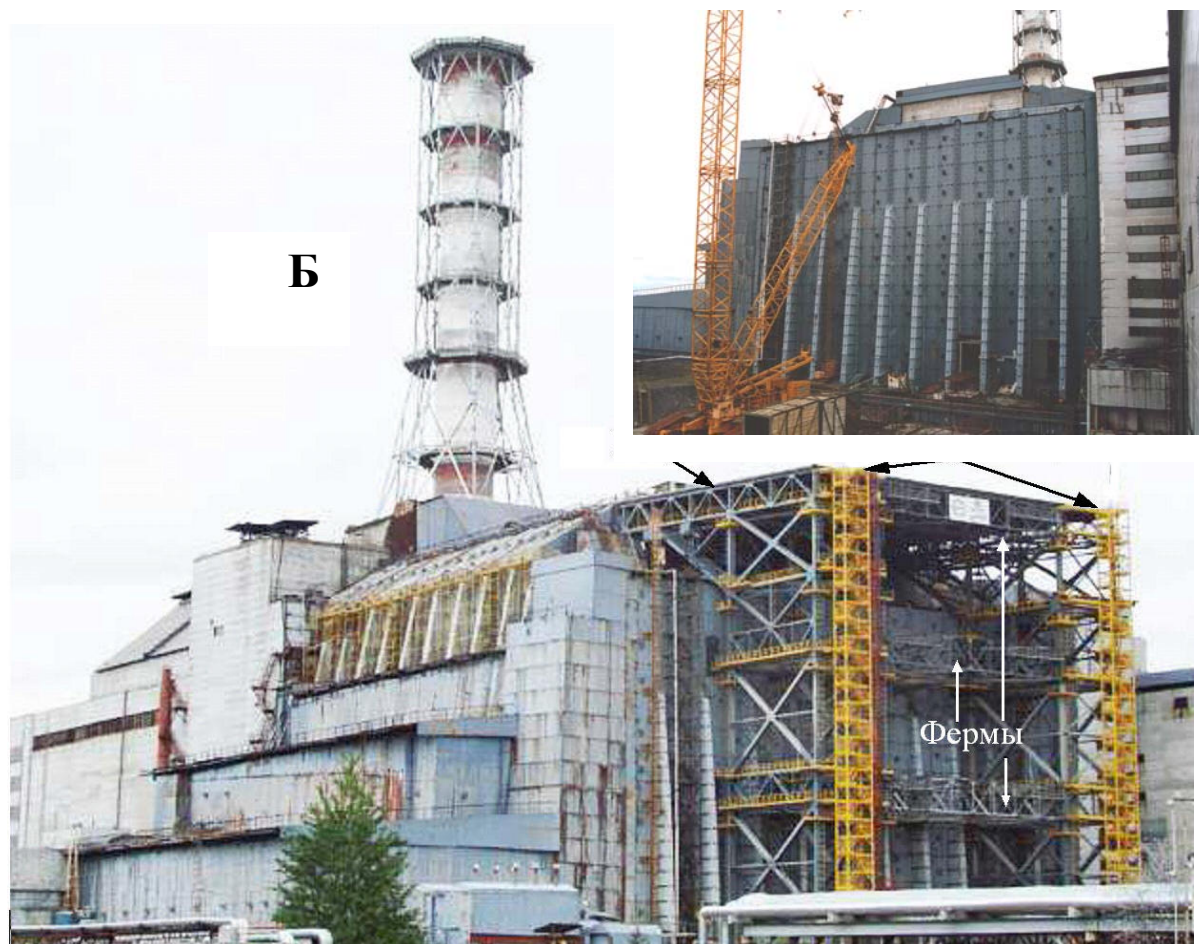


Рис.10. Западная контрфорсная стена объекта «Укрытие». Фото наверху (А) – вид на «Укрытие» с запада (западная контрфорсная стена) до проведения мероприятий по стабилизации. Внизу (Б) – вид на «Укрытие» с запада после выполнения мероприятия №2.

В торцах консолей башен предусмотрены специальные опоры для западных концов блоков балок Б1 и Б2, через которые на конструкции усиления могут быть переданы вертикальные опорные реакции блоков балок Б1 и Б2.

Цель передачи — уменьшить нагрузки, которые приходится на поврежденную взрывом западную стену четвертого энергоблока. Именно на нее опираются балки, на которые, в свою очередь в 1986-м году был уложен трубный накат, легкая кровля и щиты-ключки. Кроме этого, посредством системы специальных упоров, размещенных в трех уровнях, обеспечивается восприятие новыми конструкциями горизонтальных нагрузок от западного фрагмента в направлении «восток-запад» при сейсмическом воздействии. Таким образом, создаются условия для фиксации существующего положения стены по оси 50 и прилегающего к ней каркаса и воспрепятствования дальнейшему их смещению в западном направлении.

1.6. Замена и герметизация легкой кровли. Мероприятие без номера.

В январе 2008 года между консорциумом «Стабилизация» и ГСП Чернобыльская АЭС был подписан следующий контракт, включивший в себя ряд работ по повышению безопасности объекта «Укрытие», в том числе - ремонт легкой кровли объекта. Ремонт легкой кровли заключался в выполнении нового покрытия из стального оцинкованного профилированного листа толщиной $S=0,9$ мм на кровле площадью ~ 500 м² над центральным залом⁵. Новое покрытие было уложено сверху существующего настила в местах, где присутствуют следы коррозии. Было выполнено и устройство водоотвода с легкой кровли на северные щиты-ключки.

1.7. Трудозатраты при проведении работ по стабилизации и полученная коллективная доза.

После окончания работ по стабилизации строительных конструкций «Укрытия» был проведен анализ того, насколько правильно оценивались трудовые и дозовые затраты в проектных документах, как сильно они отличались от фактических. Что касается трудозатрат (ТЗ), то общую картину отличий иллюстрирует диаграмма, приведенная на рис. 11.

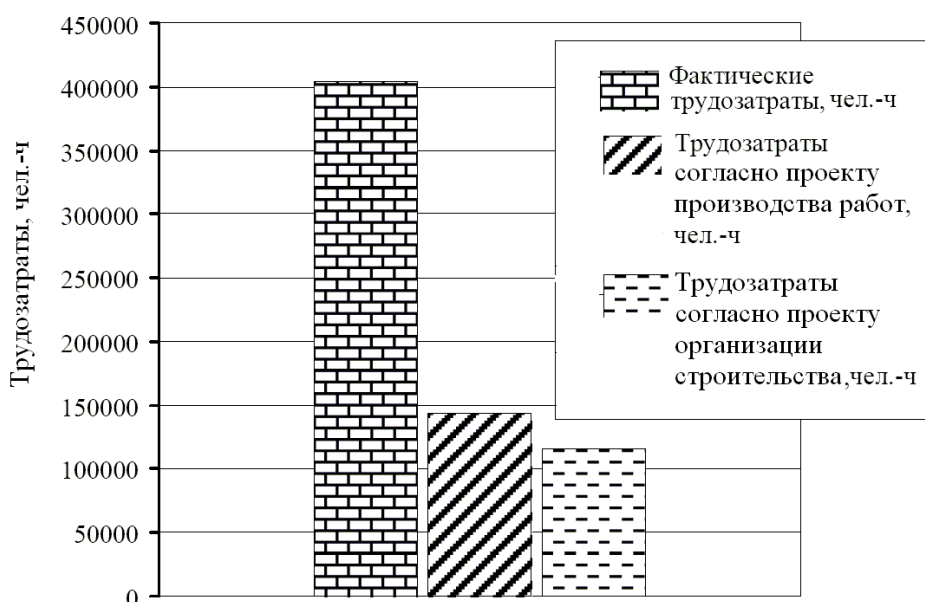


Рис. 11. Проектные и фактические показатели по трудозатратам при стабилизации конструкций объекта «Укрытие».

⁵ Общая площадь легкой кровли, размещенной над центральным залом, составляет около 1400м².

На ней сравниваются фактические ТЗ с заложенными в проекте организации строительства и в проектах производства работ. Видно, что если оценки ТЗ, полученные при проектировании близки друг к другу, то фактические превышают их в 2,5 – 3,2 раза. Увеличение фактических трудозатрат персонала по сравнению с проектными оценками, обусловлено, главным образом, организационными недостатками и тем, что при проектировании было практически невозможно предусмотреть многие специфические проблемы, возникавшие при работе в объекте «Укрытие».

Что касается сравнения проектных оценок дозовых затрат и фактически полученной при работах по стабилизации коллективной эффективной дозы (КЭД), то здесь картина обратная (см. рис.12).

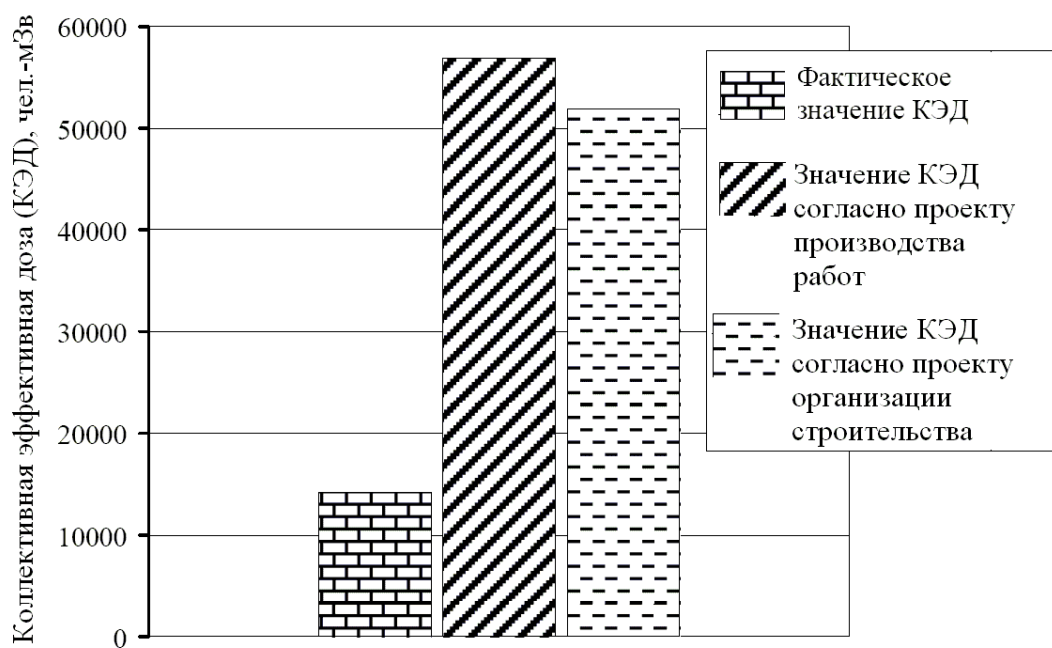


Рис. 12. Проектные и фактические показатели по полученной персоналом коллективной эффективной дозе при стабилизации конструкций объекта «Укрытие».

КЭД, фактически полученная персоналом, работавшим на «Укрытии», в ~ 4 раза меньше проектных оценок. Это можно объяснить, прежде всего, тем, что расчет дозозатрат при проектировании согласно ОСПУ производился с коэффициентом запаса на проектирование, равным 2. Существует и еще ряд причин, которые привели к снижению КЭД по сравнению с ожидаемым значением.

В то же время для уменьшения абсолютной величины фактических дозовых затрат определяющую роль сыграли такие факторы, как:

- максимальное использование предыдущего опыта крупномасштабных работ на «Укрытии»;
- тщательная подготовка путей доступа и рабочих мест;
- принятие мер по снижению аэрозольной активности в объекте;
- привлечение высококвалифицированного персонала;
- предварительный тренинг персонала на макетах;
- использование наиболее совершенных технологий и современных материалов;
- максимально оперативное решение возникающих в ходе работы проблем;
- применение самых современных средств индивидуальной защиты и постоянный медицинский контроль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабочий проект по стабилизационным мероприятиям. Общая пояснительная записка SIP К 02 01 000 EXN 001 03. ПОМ на ОУ. WBS A02 90510, Ред. 03. СФС. 2003 г.
2. Стабилизация объекта «Укрытие» произведена качественно. ГСП Чернобыльская АЭС Семинар для СМИ.
3. Ключников А.А., Щербин В.Н., Рудько В.М. и др. Анализ радиационной безопасности в процессе производства работ по стабилизации В сб. «Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля». 2004. Вип. 1, с. 24 – 34.