

УДК 539.3

ЭЛЕМЕНТЫ ОПЫТА РАСЧЕТА НОВОГО БЕЗОПАСНОГО КОНФАЙНМЕНТА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

А.В. Перельмутер¹

д-р техн. наук, главный научный сотрудник

¹НПО SCAD Soft, Киев

В статье приведено краткое описание истории создания, проектирования, конструктивных особенностей и процесса монтажа Нового Безопасного Конфайнмента (НБК), который является составной частью комплекса мероприятий по стабилизации и обеспечению безопасности объекта Укрытие на Чернобыльской АЭС. Изложены подходы к выбору расчетных нагрузений конструкции и приведены основные результаты расчетов на действие ряда нагрузок в том числе крановых нагрузений, воздействия торнадо, сейсмических нагрузок.

1. Введение

26 апреля 1986 года в 1 час 23 минуты на Чернобыльской атомной электростанции произошла катастрофа, а уже к 30-му ноября 1986 года жертвенными усилиями многих людей над аварийным 4-м энергоблоком ЧАЭС был сооружен саркофаг (объект «Укрытие»), внутри которого находятся радиоактивные остатки активной зоны разрушенного взрывом реактора (рис. 1).



Рис. 1. Саркофаг ЧАЭС, сооруженный в 1986 году

Условия возведения саркофага (радиационная обстановка) не позволяли обеспечить его полную надежность. Даже после выполненных в 2006 году стабилизации кровли и западной стены остается опасность

разрушения существующего саркофага и кроме того, он не дает возможность ликвидировать все остатки аварии.



Рис. 2. Саркофаг ЧАЭС после усиления, выполненного в 2006 году

В связи с этим на заседании стран Большой семерки был принят План осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» [3]. Этим планом предусмотрено создание Нового Безопасного Конфайнмента (НБК).

В конце 2007 года французский концерн Novarka выиграл тендер на проектирование и сооружение НБК. Проект выполнялся проектным бюро концерна Novarka (Cabinet JAILET-ROUBY) в соответствии с требованиями Еврокода, проверка на соответствие нормам Украины выполнялась институтом Укрниипроектстальконструкция и НПО SCAD Soft. При этом было принято консервативное решение о том, что конструкции должны одновременно удовлетворять требованиям и европейских и национальных нормативных документов.

Новый безопасный конфайнмент имеет несущую конструкцию в виде арочной системы пролетом 257 м, длиной 164 м, высотой 110 м и весом 29 000 тонн. Некоторое представление о масштабах сооружения дает рис. 3.

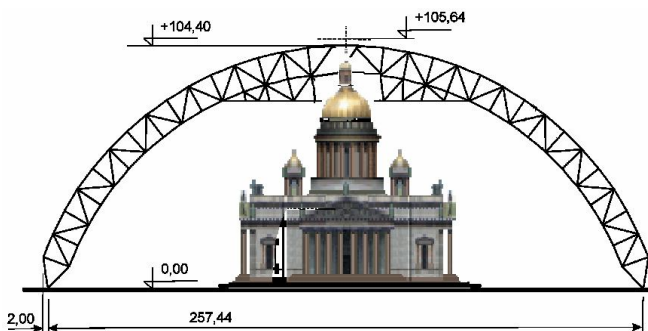


Рис. 3. Иллюстрация габаритов сооружения

НБК должен предотвратить попадание воды и снега, защитить от возможной утечки радиоактивности и создать условия, при которых будет возможным демонтаж саркофага и разрушенного реактора. С этой целью НБК оборудуется двумя подъемными кранами грузоподъемностью 50 тонн каждый. Конструкция НБК рассчитана на срок службы, по крайней мере, 100 лет без проведения ремонтных работ.

Изготовленные на итальянском заводе конструкции собирались на участке, расположенные в трехстах метрах от проектного положения. Монтаж осуществлялся методом трехступенчатого подъема (рис. 4), после его завершения (рис. 5) выполняется монтаж и проверка приборов оборудования, и затем предстоит надвигка на место постоянной установки над объектом «Укрытие».

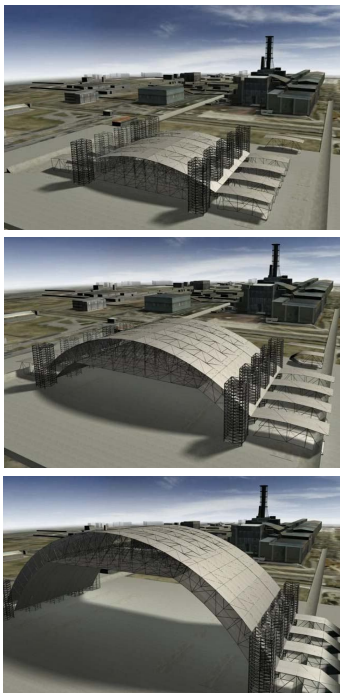


Рис. 4. Этапы монтажа



Рис. 5. НБК, смонтированный на монтажной площадке

2. Конструктивное решение

Основные несущие конструкции представляют собой арочные секции пролетом 257,4 м с высотой в центре пролета равной 108,935 м (рис. 6).

Арки — сквозные решетчатые конструкции с расстояниями между поясами 12 м располагаются с шагом 12,5 м.

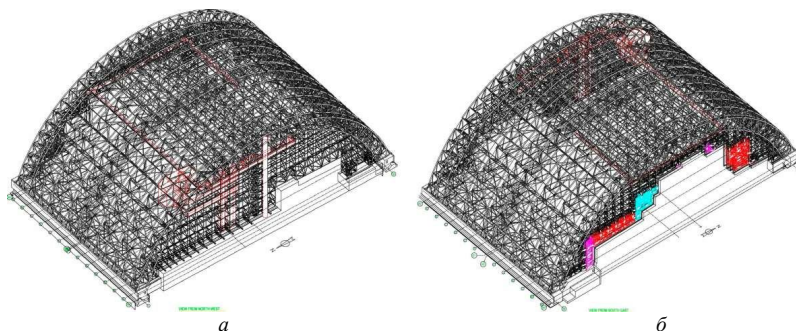


Рис. 6. Расчетная модель несущего каркаса: *а* – вид со стороны западной стены, *б* – вид со стороны восточной стены

Основную часть составляют 13 арок расположенных на осях А ... N, кроме того для организации торцевых стен предусматривается две дополнительные арки на осях А0 и N0, а из условий монтажа центральная арка по оси G проектируется сдвоенной. По рабочей схеме каждая такая конструкция представляет собой двухшарнирную арку, передающую распор на фундаменты. На отметке 85,344 м к арке присоединяется вторичная ферма, конструкции которой являются одной из основных частей крановой платформы.

Арки соединяются между собой системой связей по верхним и нижним поясам, которые вместе с конструкциями арок образуют цилиндрический свод, работающий как пространственная сквозная цилиндрическая оболочка. По торцам цилиндрического свода предусматривается устройство стен, несущая часть которых тоже решена в форме сквозной конструкции.

Восточная стена, которая при надвижке НБК в проектное положение должна пройти над существующими конструкциями объекта «Укрытие», имеет ряд откидных панелей (помечены цветом на рис. 6.б). Они занимают проектное положение лишь после надвижки НБК (рис. 7).

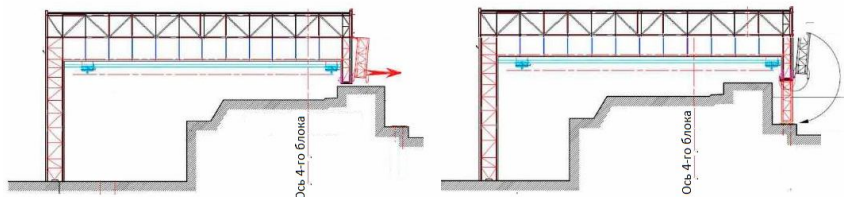


Рис. 7. Функционирование откидных панелей

Западная стена также подвешена к арочному своду и в таком виде она существует во время сборки и надвижки конструкций НБК. Однако в районе центра арки в состав стены включена мощная стойка, которая в проектном положении НБК поддомкрачивается и включается в работу на вертикальные нагрузки, передавая его на фундамент. Все прочие стойки остаются подвешенными, и имеют внизу только горизонтальные опоры.

3. Сопоставление результатов дублирующих расчетов

Проектирование и все расчеты выполнялось фирмой Cabinet JAILET-ROUBY по программе HERCULES. УкрНИИ ПСК и SCAD Soft выполняли проверку на соответствие нормативным документам Украины по программе СКАД [2], что повлекло за собой полное дублирование всех расчетов.

Нормы Украины, равно как и Еврокоды базируются на использовании метода расчетных предельных состояний и в этом смысле не имеют принципиальных различий. Однако в деталях, в том числе и весьма важных, наблюдаются определенные различия. Они сосредоточены во круг двух проблем:

- правил выбора расчетных сочетаний нагрузок;
- методологии проверки прочности и устойчивости элементов.

В связи с этим большое значение придавалось методике сопоставления результатов. Проверялось совпадение результатов по заранее выбранному набору внутренних усилий и перемещений. Кроме того был выполнен модальный анализ и сопоставлены первые пять частот и форм собственных колебаний.

Вместо обычно используемой оценки расхождения

$$\Delta_X = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100 (\%)$$

сопоставление усилий и моментов выполнялось

$$\Delta_{0N} = \frac{N_1 - N_2}{AR_d} \times 100 (\%), \quad \Delta_{0M} = \frac{M_1 - M_2}{WR_d} \times 100 (\%).$$

Тогда расхождения становятся физически значимыми, а не формальными. Их значения позволяют судить о влиянии неточности на результат расчетных проверок, как видно из табл. 1, когда оказывается, что расхождение на 18,4% с точки зрения значимости абсолютно ничтожно.

Таблица 1

Пример сопоставления результатов

Элемент	Сечение	N_1	N_2	Δ_N , %	Δ_{0N} , %
1	1	-220.0	-222.4	1.073	0.166
1	2	-14.9	-12.1	18.403	0.262
3	1	-460.9	-462.2	0.281	0.168
3	2	61.7	58.7	4.891	0.181
12	1	-56.8	-53.6	5.582	0.380
12	2	2.3	2.1	9.582	0.031

4. Об учете податливости основания

Основные фундаменты арок выполнены в виде бетонного балочного ростверка на бетонных сваях. Для такой конструкции по программе была получена матрица жесткости, которую после калибровки по данным испытания монтажной сваи вводили в программу СКАД. Расчетная модель, в которой использована указанная матрица жесткости, далее называется моделью E1 (Elastik-1).

Другие данные о податливости оголовков свай были получены в институте КиЭП во время расчета фундаментов. Расчетная модель E2 (Elastik-2), в которой сваи были представлены стержневыми конечными элементами, опирающимися на упругие опоры, с помощью которых моделировалась работа грунтового основания. И, наконец, рассматривалась модель жесткого основания R. Таким образом, сопоставление выполнено для трех пространственных расчетных моделей, типичный результат можно увидеть в табл. 2.

Из полученных данных видно, что расхождения между результатами расчета по трем расчетным схемам не принципиальны, и при расчете каркаса вполне возможно не учитывать податливость основания.

Таблица 2

Оценка влияния податливости основания

Нагружение	Усилия в элементе 70 (труба 813x20)			Максимальное относительное расхождение
	Модель E1	Модель E2	Модель R	
Кван-1	-10.566	-10.09	-10.616	2.73E-05

Кран-2	0.165	-0.40	0.29	1.31E-03
Снег-1	-23.055	-23.50	-22.913	1.42E-05
Снег-2	-66.967	-67.44	-66.765	5.53E-06
Снег-3	-27.809	-27.80	-27.73	1.57E-06
Ветер-1	-0.22	-0.57	-0.208	9.57E-04
Ветер-2	42.638	41.49	42.699	1.56E-05
Ветер-3	48.848	47.50	48.949	1.63E-05
Ветер-4	-1.949	-1.56	-2.03	1.27E-04
Собств. вес	-316.225	-311.46	-316.537	8.84E-06
Полезная	-36.075	-36.03	-36.02	8.42E-07

5. Варианты нагружения

При расчете НБК мы столкнулись с проблемой очень большого числа вариантов нагружения. Вместо обычного числа в несколько десятков нагружений, пришлось вести расчет на 572 варианта нагружения.

Так, например, для выявления расчетных направлений действия ветра предварительно были указаны критерии отбора, такие как экстремальное перемещение вершины арки, максимальная разность смещений опор крана, экстремальные реакции в опорах арок и т.д. Так было найдено 42 расчетных направления ветрового потока.

Крановая нагрузка зависит от того, какой вариант сменного грузоподъемного оборудования используется (классическая тележка, защищенная тележка, тележка с тросовой подвесной системой, телескопическая мачта), и от того, в каком положении находятся краны и их тележки. Всего рассмотрено 11 положений мостовых кранов и в каждом положении рассматривается 9 позиций грузовой тележки. Кроме того для каждого положения кранов как отдельные варианты нагружения рассматривались случаи действия вертикального давления колес крана и горизонтальные воздействия от продольного или от поперечного торможения. Итого пришлось рассматривать 324 нагружения крановыми воздействиями.

Для нагрузки от смерча рассмотрено 196 вариантов нагружения, отличающихся положением оси смерчевой воронки и направлением перемещения этой оси. Для каждого положения воронки смерча (кружки на рис. 8.а) рассматривается четыре направления движения.

В качестве примера на рис. 8.б показано распределение нагрузок от воздействия смерча класса 3.0 в позиции, отмеченной на рис. 8.а залитым кружком, при движении смерча по направлению «юг-север».

Правила составления расчетных сочетаний нагрузок, которые формируются как набор их расчетных значений или соответствующих им усилий и/или перемещений и используется для проверки конструкции в определенном предельном состоянии и в определенной расчетной ситуации. Выбор расчетных сочетаний выполнялся в программе СКАД. Эта операция занимала наибольшее время (до трех часов).

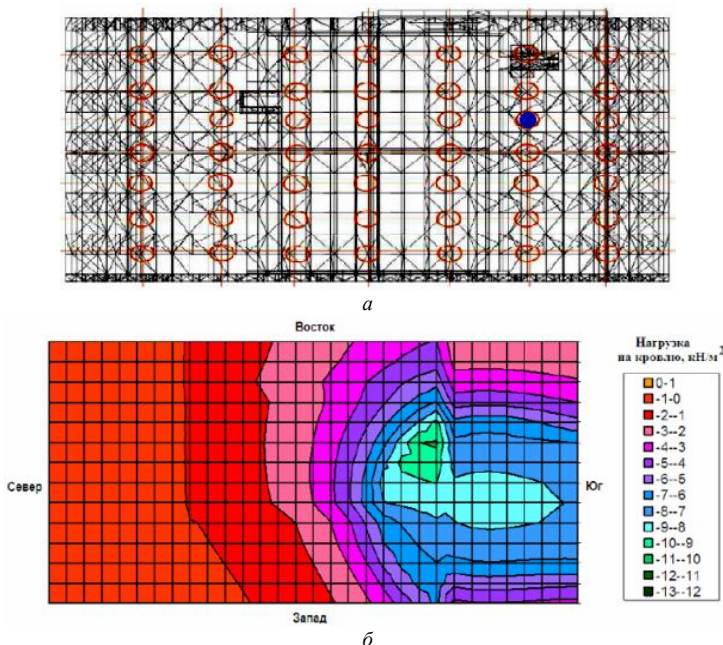


Рис. 8. Нагрузки на кровлю НБК от смерча класса 3.0

По выбранным расчетным сочетаниям выполнялись все предусмотренные нормами проверки прочности и устойчивости. Практически всегда определяющими являлись расчетные сочетания аварийного режима работы, когда на НБК действовал смерч класса 3.0.

6. Методика проверки несущей способности

Поскольку на предварительной стадии проверка несущей способности выполнялась по методике Еврокода-3, а на заключительном этапе проектирования — по методике СНиП II-23-81*, то было выполнено их детальное сравнение.

Одним из существенных различий является то, что Еврокод вводит классификацию поперечных сечений конструкций по их способности

работать за пределом упругости и после местного выпучивания элементов сечения, в то время как в СНиП такая классификация отсутствует.

Методики проверок прочности и устойчивости поперечных сечений элементов по СНиП и Еврокоду во многих случаях достаточно существенно расходятся [5]. Различается не только форма выполнения, но зачастую и комплекс учитываемых расчетных параметров. Типичным примером может быть проверка устойчивости сжатых элементов. Здесь в отличие от СНиП, где коэффициент продольного изгиба φ дифференцирован в зависимости от расчетного сопротивления, но не зависит от формы сечения, начальных искривлений и случайных эксцентриситетов, эти факторы учитываются напрямую.

7. Влияние смерча класса 3.0

Проверка на воздействие запроектного события в форме смерча класса 3.0 выполнялась в соответствии со специально разработанным техническим заданием в предположении обеспечения целостности обшивки основного защитного сооружения НБК. При этом:

- воздействие смерча класса 3.0 на НБК учитывалось в сочетании только с постоянными нагрузками;
- учитывалась возможность возникновения ограниченных пластических деформаций в элементах несущих конструкций основного защитного сооружения НБК и использования для этого формулы (49) из СНиП II-23-81*;
- не учитывались возможные локальные перенапряжения в узлах конструкций, которые не приводят к нарушению устойчивости основных несущих конструкций.

Результаты проверочных расчетов показали, что для многих элементов предварительно запроектированного варианта НБК не обеспечивается прочность или устойчивость. На рис. 9 эти элементы выделены красным цветом.

Были определены все необходимые замены элементов, обеспечивающие выполнение требований по несущей способности конструкций при действии смерча класса 3.0.

Обычно в инженерной практике сечения меняются незначительно и перерасчет системы с новыми значениями жесткостей не выполняют. Начиная с руководства [4] перерасчет рекомендовался лишь в том случае, когда после подбора сечений соотношение жесткостей элементов менялось на 30% и более.

Учитывая уникальность объекта в данном случае было принято решение выполнить перерасчет с учетом изменившихся значений жесткости усиленных элементов, не обращая внимание на величину изменения соотношения между жесткостями. После перерасчета вновь оказалось, что

требуется усиление некоторых элементов НБК и выяснилось, что количество требующихся итераций является неожиданно большим. По-видимому, такой результат связан с большим числом вариантов нагружения, когда после изменения жесткостей меняется расчетная комбинация нагрузок.

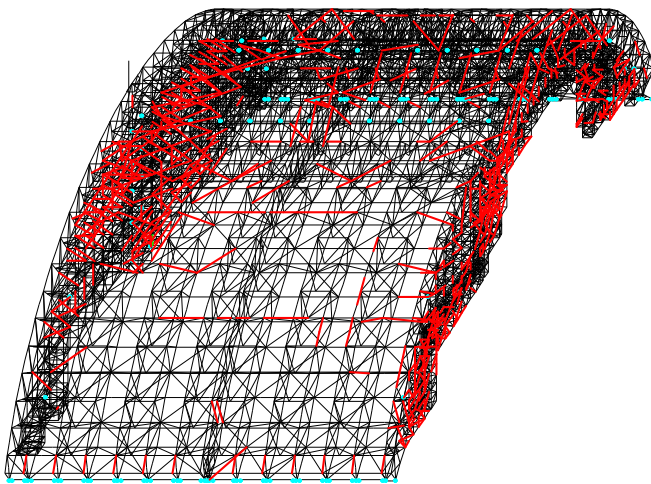


Рис. 9. Цветовая индикация результатов расчета на действие смерча

При расчете на действие смерча пришлось выполнить 17 итераций (рис. 10). Дополнительный расход стали, который необходим для всех требуемых замен сечений, составил 344,47 тонн (2,7%).

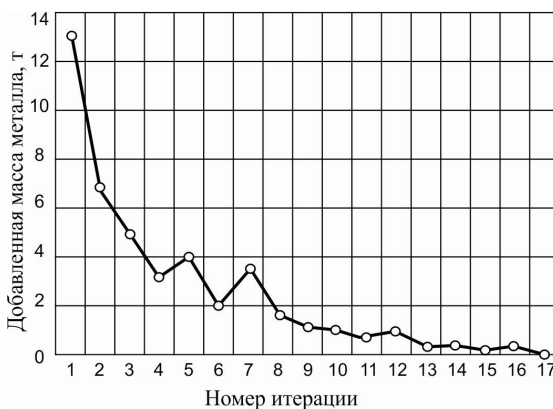


Рис. 10. Изменение добавляемой массы

8. Проверка на сейсмические нагрузки

Расчет по нормативной методике

В соответствии с указаниями норм проектирования [1] при расчетах на сейсмические воздействия учитываются действие необходимо учитывать постоянные нагрузки, временные длительные нагрузки и вес моста крана, вес тележки, а также вес груза, равного грузоподъемности крана, с коэффициентом 0,3.

Из временных нагрузок длительной составляющей обладают только полезные нагрузки и снеговая нагрузка. Проверялись различные конфигурации расположения снега на покрытиях, при этом было проведено четыре независимых варианта расчета для четырех различных положений кранов:

- краны сосредоточены в восточной части НБК;
- краны сосредоточены в западной части НБК;
- краны сосредоточены в центральной части НБК;
- половина кранов расположена в западной, а вторая половина в восточной части НБК.

Во всех вариантах предполагалось, что груз находится в центре пролета.

Количество принимаемых во внимание форм собственных колебаний определялось в соответствии с указаниями п. 2.3.1 ДБН 1.1-12:2006, в соответствии с которым сумма модальных масс должна быть не менее 85% полной суммы модальных масс при колебаниях в горизонтальном направлении и не менее 75% при колебаниях в вертикальном направлении.

Определение числа учитываемых форм собственных колебаний по этому условию выполняется автоматически при расчетах по программе SCAD. Для различных вариантов нагружения это число оказывается разным, поскольку изменяются инерционные свойства объекта, однако сами частоты и формы собственных колебаний меняются незначительно.

Расчет по спектральному методу выполнялся традиционным способом, за исключением того, что использовался специально разработанный Институтом геофизики для площадки Чернобыльской АЭС график спектрального коэффициента динамичности, который был введен в расчетную программу «Редактором коэффициентов динамичности» системы SCAD Office.

Расчет на действие акселерограммы

Для сооружений такого уровня ответственности, как НБК, нормы Украины предусматривают выполнение прямого динамического расчета с использованием акселерограмм. Одновременно необходим и расчет и по

спектральному методу, а окончательно следует принимать более невыгодное решение.

Трехкомпонентные акселерограммы расчетных землетрясений были представлены Институтом геофизики им. Субботина НАН Украины. Их проверка выполнялась редактором акселерограмм из SCAD Office. Оказалось, что эти акселерограммы не сбалансированы и приводят к постоянному тренду в диаграммах перемещений, что показано на рис. 11,а. На этом рисунке представлена исходная акселерограмма, ее первый интеграл (велосиграмма) и ее второй интеграл (сейсмограмма).

Поэтому было принято решение выполнить корректировку исходных акселерограмм показателя для всех временных диаграмм. Специалистами GEODYNAMIQUE & STRUCTURE было проверено несколько схем корректировки исходного материала и схемой, которая была выбрана окончательно, стала фильтрация верхних частот 4-го порядка с частотой 0,05Гц. Аналогичные корректировки были выполнены и в программе «Корректировка акселерограмм», входящей в систему SCAD Office, где используется метод корректировки базовой линии [5]. Результаты балансировки акселерограмм оказались схожими при использовании обоих методов: и фильтрация и корректировка базовой линии привели к исчезновению тренда в картине смещений (рис. 11,б).

В расчете по акселерограммам учитывался эффект одновременного возбуждения колебаний по основным рядам опирания арок. Использовалась гипотеза «замороженной акселерограммы», переносимой со скоростью распространения сейсмической волны. Для этого был разработан специальный режим в модуле «Интегрирование уравнений движения» вычислительного комплекса SCAD.

При прямом интегрировании уравнений движения мы получаем слишком большое число результатов, которое очень трудно проанализировать. Для узловых смещений: $4 \times CU \times CT$, где CU – число узлов, CT – число моментов времени, а для усилий в элементах: $6 \times CS \times CT$, где CU – число стержней, CT – число моментов времени.

При общем числе узлов 5947 и количестве элементов 13240 потенциальное число возможных графиков будет равно $5947 \times 4 + 13240 \times 6 = 103228$. Не только инженерный анализ, но и сколь-нибудь полезное разглядывание всех их невозможны. Но поскольку расчет по акселерограммам носит поверочно-контрольный характер, то с точки зрения оценки прочности и устойчивости конструкций основную роль играет сопоставление результатов по двум методикам.

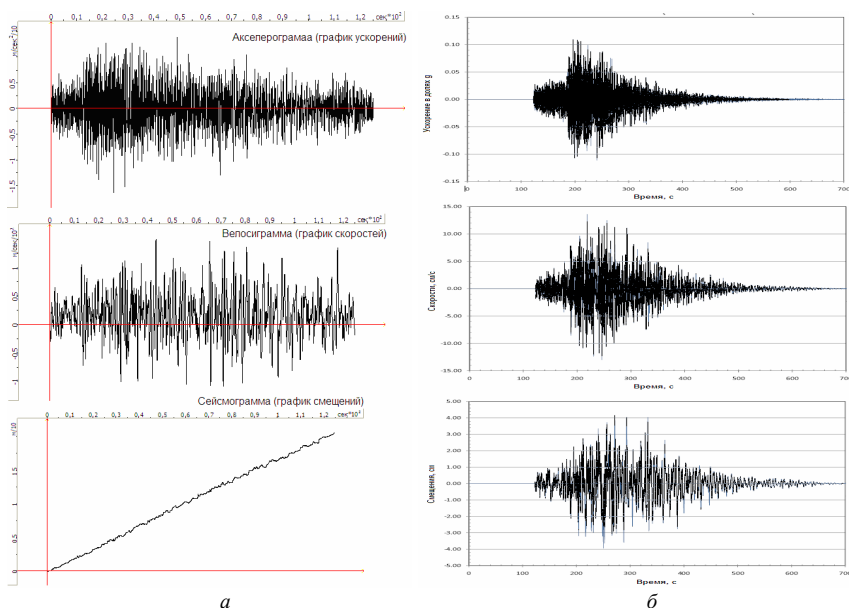


Рис. 11. Анализ акселерограмм: а - исходные, б - скорректированные

Для сопоставлений были отобраны типичные элементы несущих конструкций. Для этих элементов были сопоставлены усилия, которые были вычислены при расчете по классическому спектральному методу, с усилиями, полученными при расчете по акселерограммам. Результаты сопоставления наглядно видны на графиках, представленных на рис. 12. Хорошая корреляция, скорее всего, связана с тем, что специальный график спектрального коэффициента динамичности построен на базе той же акселерограммы.

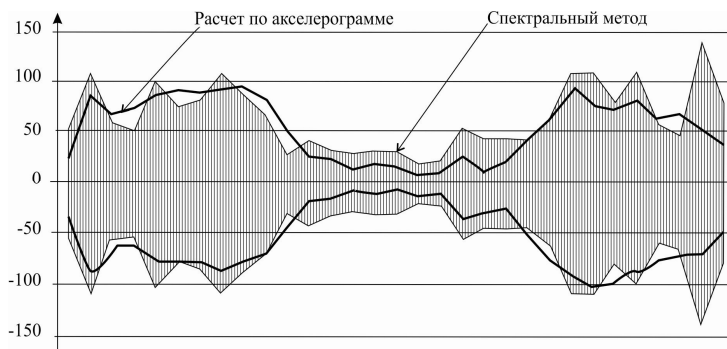


Рис. 12. Огибающие усилий вдоль нижнего пояса арки

Из таких видно графиков, для некоторых элементов наблюдаются превышения усилий, обнаруженных при расчете по акселерограммам по отношению к расчетом по спектральному методу. Однако их величина мала по сравнению с несущей способностью элемента, поскольку определяющим фактором было воздействие смерча класса 3,0, а не сейсмическое воздействие.

9. Выводы

Расчет такого уникального сооружения как НБК обогатил отечественную практику проектирования, а именно:

- была отработана практика сопоставительного анализа расчетов по отечественным и европейским нормам;
- создана и практически опробована методика расчета на сейсмическое воздействие с учетом эффекта одновременного возбуждения колебаний;
- разработана и проверена методика сопоставления результатов сейсмического расчета по акселерограммам и по спектральной методике;
- прошла практическую проверку методика расчета большепролетного сооружения на действие смерча.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво в сейсмічних районах України — К.: Укрархбудінформ, 2006.— 82 с.
2. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А. и др. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++.— М.: Издательство САД СОФТ, изд-во АСВ, 2015 — 808 с.
3. От Укрытия до Конфайнмента четвертого блока Чернобыльской АЭС. Строительные аспекты — К.: Логос, 2006.— 443 с.
4. Стальные конструкции одноэтажных промышленных зданий / КТИС. Руководство по проектированию — М.: Госстройиздат, 1952 — 384 с.
5. Уздин А.М., Сандович Т.А., Аль-Насер-Мохамед Самих Амин. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений — СПб.: изд-во ВНИИГ им. Веденеева, 1993 — 176 с.
6. Hoorpah W., Perelmutter A.V. The steel arch structure for Tchernobyl NSC: Comparative calculation with EC and Ukrainian standards // Proceedings of 6-th European Conference on Steel and Composite Structures. EUROSTEEL 2011, August 31 - September 2, 2011, Budapest, Hungary.

Perelmutter A.V.

ELEMENTS OF ANALYSIS EXPERIENCE OF THE CHERNOBYL NEW SAFE CONFINEMENT

The article provides a brief description of the history of creation, design, design features and the installation process of the New Safe Confinement (NSC), which is an integral part of the measures to stabilize and ensure the security of the Shelter at the Chernobyl nuclear power plant. When designing the NSC, a conservative decision was made that the NSC tructures must simultaneously satisfy to the

requirements of both European and Ukrainian national building regulations. Accordingly, all calculations were carried out using the HERCULES and SCAD software complexes, and were completely duplicated. The norms of Ukraine, as well as the Eurocodes, are based on the use of the method of calculated limiting states and, in this sense, do not differ in principle. However, in the details, including very important ones, there are certain differences. That are related to the problems of the rules for choosing of the design load combinations and of the methodology for verification of elements strength and stability. In this regard, great importance was attached to the method of comparing of the results. The results were compared according to a pre-selected set of internal forces and displacements. In addition, a modal analysis was performed and the first five eigenfrequencies and eigenforms of natural oscillations were compared. When calculating the NSC, there was also a problem of a very large number of loading options (combinations). Instead of the usual number of several tens of loads, 572 loading option was calculated. The largest number of loading options was considered due to the need to regard the various locations of the internal bridge cranes in the structure, and the various positions of the axis of the tornado funnel and the direction of movement of this axis with respect to the NSC. Some of these results are presented. The main results of calculations for the action of seismic loads are also given, and the method of comparison of calculation results of seismic load by accelerograms and by spectral method is verified.

UDC 539.3

Perelmuter A.V.

Elements of analysis experience of the Chernobyl new safe confinement // Strength of Materials and Theory of Structures – 2016. – Issue 97. – C. 28 – 42.

The article provides a brief description of the history of creation, design, design features and the installation process of the New Safe Confinement (NSC), which is an integral part of the measures to stabilize and ensure the security of the Shelter at the Chernobyl nuclear power plant. The approaches to the choice of design loadings of the structure are described and the main results of calculations for the effect of a number of loads, including crane loads, the effect of tornado impact, seismic loads, are presented.

Table 2. Fig. 12. Ref. 6.

УДК 539.3

Перельмутер А.В.

Елементи досвіду розрахунку нового безпечного конфайнмента чорнобильської атомної станції // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2016. – Вип. 97. – С. 28-42.

У статті наведено короткий опис історії створення, проєкування, конструктивних особливостей і процесу монтажу Нового Безпечного Конфайнмента (НБК), який є складовою частиною комплексу заходів щодо стабілізації та забезпечення безпеки об'єкта Укриття на Чорнобильській АЕС. Викладено підходи до вибору розрахункових навантажень конструкції і наведені основні результати розрахунків на дію ряду навантажень в тому числі кранових, впливу торнадо, сейсмічних навантажень.

Табл. 2. Лл. 12. Бібліогр. 6 назв.

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): доктор технічних наук, головний науковий співробітник HBO SCAD Soft ПЕРЕЛЬМУТЕР Анатолій Вікторович

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, вул. Просвіти 3-а, Офіс 2, SCAD Soft, ПЕРЕЛЬМУТЕРУ Анатолію Вікторовичу.

Адреса домашня: 03186 Україна, м. Київ, Чоколовський бульвар 19, кв. 52, ПЕРЕЛЬМУТЕРУ Анатолію Вікторовичу

Роб. тел. +38(044) 249-71-93;

мобільний тел.: +38(050) 382-16-25;

дом. тел.: +38(044) 245-72-82;

E-mail – AnatolyPerelmuter@gmail.com