

ПРОЕКТ

ред. 02, февраль 2010



Industrie Service

Ревью отчета о выполнении государственной экспертизы ядерной и радиационной безопасности, ред. 07, дек. 2009

**Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.**

Резюме

В заключении по проекту «Отчета о выполнении государственной экспертизы ядерной и радиационной безопасности, дек. 2009г, представленном экспертами ГНТЦ Я&РБ можно констатировать следующее:

- в целом, все необходимые для оценки безопасности вопросы были рассмотрены в отчете по экспертизе,
- было установлено большое количество неточностей, непонятных и не прослеживаемых заключений и выводов, неполных или непонятных описаний методов и расчетных программ, которые требуют основательной доработки и дополнения,
- было установлено, что взаимосвязь представленного материала (например, анализы прочности ТВС, загружаемых в акт. зону АЭС Темелин) с обоснованием ЯРБ эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W на 3. блоке ЮУ АЭС не всегда очевидна и понятна,
- было установлено, что методы и коды, использованные для анализов и обоснования ЯРБ эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W, не всегда соответствуют современным уровням знаний, науки и техники или непонятны из-за несоответствующего описания,
- благодаря независимым анализам и расчетам, проведенным по верифицированным и валидированным методам и расчетным кодам, часть отсутствующих или неполных анализов и материала, не представленных заявителем, была проведена и уточнена экспертами ГНТЦ (например, выброс единичного органа регулирования, оценка накопленного флюенса быстрых нейтронов на корпус реактора),
- в некоторых частях было установлено отсутствие анализа и материала, показывающего выполнение требований по ЯРБ (как например, выполнение требований по радиологической и радиационной безопасности при эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W Вестингауз),
- было установлено, что в этих случаях требуется дополнение и доработка представленного материала до принятия решения о возможности использования перегрузочной партии ТВС-W компании Вестингауз.

Рассмотрение отчета ГНТЦ по экспертизе экспертами TÜV SÜD на основе требований немецких правил, норм и стандартов ЯРБ (как, например, стандарты ядерной и радиационной безопасности КТА) подтверждают выше приведенные выводы и заключения. В некоторых местах нужно было переоформить рассмотренный экспертами ГНТЦ отчет об обосновании безопасности, представленный Заявителем (ОАБ), и изложенный в нем материал на основе новых расчетных анализов (например, изменение загрузки для того, чтобы выполнить требование по максимально допустимому значению плотности энерговыделения).

Таких примеров в изложении приводится большое количество. В немецкой практике рассмотрения материала по загрузке активной зоны с использованием новых типов ТВС такие материалы следовало бы доработать в соответствии с требованиями правил, норм и стандартов ЯРБ.

Datum: 12.02.2010

Unsere Zeichen:
IS-ETI-MUC/06

Dokument:
TUV-ReviewExpSSTC-
TVSWr02-r.doc

Das Dokument besteht aus
32 Seiten
Seite 1 von 32

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.

Sitz: München
Amtsgericht: München HRB 96 869

Aufsichtsratsvorsitzender:
Dr.-Ing. Manfred Bayerlein
Geschäftsführer:
Dr. Peter Langer (Sprecher)
Dipl.-Ing. (FH) Ferdinand Neuwieser

Telefon: +49 89 5791-0
Telefax: +49 89 5791-2157
www.tuev-sued.de
TÜV®

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie und Technologie
Internationale Projekte
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland



Содержание

Рассмотренные документы	3
Введение	7
Критерии оценки для пересмотра отчета /1/	7
Полнота проекта отчета (/1/, разделы 1, 2, 3)	7
Предмет	7
Оценка	8
Раздел: Общие сведения (4.1, стр. 10)	9
Предмет	9
Оценка	9
Направление анализа «Ядерная безопасность и нейтронно-физические характеристики», (4.2, стр. 11)	9
Предмет	9
Анализ данных механической части проектирования ТВС-W перегрузочной партии, (4.2.1, стр 12)	10
Теплогидравлический анализ смешанных активных зон в стационарных режимах нормальной эксплуатации (4.2.2, стр. 14)	10
Анализ раздела «Ядерно-физическое проектирование» (4.2.3, стр. 14)	11
Оценка	13
Ядерная безопасность при обращении с ТВС-W компании Вестингауз (4.2.4., стр. 60) ...	16
Предмет	16
Оценка	16
Анализ исходных событий "Изменение реактивности и распределения энерговыделений" (/1/: 4.2.5, стр. 61)	16
Предмет	16
Оценка:	18
Поверочные экспертные расчеты наиболее представительных ИС группы "Изменение реактивности и распределения энерговыделений", (/1/, 4.2.6, стр.69)	19
Предмет	19
Оценка:	20
Выводы по направлению экспертизы "Ядерная безопасность и нейтронно-физический анализ (4.2.7. стр. 106)	21
Предмет	21
Оценка:	21
Теплогидравлический и вероятностный анализ (/1/, 4.3., стр. 110)	22
Предмет	22
Оценка	25
Анализ прочности и надежности конструкций ТВС-W (/1/, 4.4, стр. 124)	27
Предмет	27
Оценка:	28
Радиационная безопасность (4.5, стр. 127)	29
Предмет	29
Оценка:	29
Общие выводы и рекомендации (/1/, 5., стр. 130)	29
Предмет	29
Оценка	30
Заключение и выводы	31



Рассмотренные документы

- /1/ Проект Отчета о выполнении государственной экспертизы ядерной и радиационной безопасности, дек. 2009г. (Entwurf des Gutachtens zum Sicherheitsbericht für den Einsatz von BE TVS-W der Firma Westinghouse zur Nachladung im 3. Block des KKW Südukraine (SU NPP), Dez. 2009)

Основы проведения оценки и экспертизы, использованные экспертами ГНТЦ ЯРБ

- /2/ Закон Украины "Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности", ст. 40
- /3/ РД95 «Требования к содержанию отчета по анализу безопасности действующих на Украине энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР» (RD95: Anforderungen an den Inhalt des Sicherheitsberichts von in der Ukraine betriebenen Reaktoranlagen mit VVER-Reaktoren)
- /4/ НП 306.1.107-2005. Порядок выполнения государственной экспертизы ядерной и радиационной безопасности
- /5/ Внутренний стандарт ГНТЦ ЯРБ "СТП 338.03.00.013-2000. Стандарт предприятия. Система качества. Организация проведения государственной экспертизы ядерной и радиационной безопасности"
- /6/ Подходы к регулированию ядерной и радиационной безопасности в рамках внедрения в Украине новых модификаций ядерного топлива (Ukrainische Regeln zu Sicherheitsberichten und -analysen im Rahmen von Änderungen bei Brennstoffeinsatz, Nachladungen und neuen BE)
- /7/ US NRC: Regulatory Guide 1.70 - Standard Format and Content of Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants
- /8/ IAEA Guidelines for Safety and Transient-/Accidentanalysis for PWR and VVER-Reactors as well as Safety analysis of storage of fresh and spent nuclear fuel (Sicherheits- und Störfallanalysen für DWR and VVER sowie Lagerung von frischem und abgebranntem Brennstoff)
- /9/ IAEA-EBP-WWER-01, Guidelines for Accident Analysis of WWER NPPs
- /10/ Отчет о выполнении государственной экспертизы ЯРБ документа "Обоснование безопасности использования опытных ТВС компании «Вестингауз» на блоке 3 ЮУАЭС" WEC-UNFQP-006(T), Редакция 3, Пер.-№: 05-09-3414, 2005

Основы проведения оценки и экспертизы, использованные экспертами ГНТЦ ЯРБ

- /11/ Liste der vorzulegenden Nachweise zur Prüfung der Kompatibilität von neuen BE „TVSW“ der Firma Westinghouse im Vorhaben R0801504
- /12/ Bewertung der Vollständigkeit der vorgelegten Information zum Einsatz von BE TVS-W der Firma Westinghouse, TÜV-Report ...



Дополнительные материалы для проведения экспертизы экспертами TÜV

- [13] Methodologie und Verifikation der Berechnungsprogramme (UNFQP: Code Methodology and Verification), WEC-UNFQP-004, Revision 1, Februar 2003
- [14] Sicherheitsbericht zur Nutzung von Nachladebrennelemente der Firma Westinghouse im 3. Block des KKW Südukraine (Safety Substantiation for the Use of Westinghouse Reload Batch Fuel Assemblies at SUNPP Unit 3), WEC-UNFQP-006-01 (T), Draft Revision 2, Vol. 1, Sept. 2009-10-12
- [15] Sicherheitsbericht zur Nutzung von Nachladebrennelemente der Firma Westinghouse im 3. Block des KKW Südukraine (Safety Substantiation for the Use of Westinghouse Reload Batch Fuel Assemblies at SUNPP Unit 3), WEC-UNFQP-006-01 (T), Draft Revision 2, Vol. 2, Sept. 2009-10-12
- [16] Технические условия на ТВС компании "Westinghouse" для реактора ВВЭР-1000 WEC-UNFQP-005-01(T), Редакция 1, апрель 2009 (Technical Specification for Westinghouse Fuel Assemblies for VVER-1000 Reactor, WEC-UNFQP-005-01(T), Revision 1, April 2009)
- [17] Nguyen T. Q. et.al.: Qualification of the PHOENIX-P/ANC Nuclear Design System for Pressurized Water Reactor cores, WCAP-11596-P-A, June, 1988
- [18] Final Report of TIC: Supplement. Additional Data, Amendments, Reevaluations by Zoltan Szatmary, Akademiai Kiado 2001
- [19] Liu Y. S. et. al. : ANC-A Westinghouse Advanced Nodal Computer Code, WCAP-10965-P-A (proprietary), December 1985
- [20] Chao Y. A. and Tsoulfanidis N.: Application of Conformal mapping to Nodal Methods for Hexagonal Nodes, Proceedings of the Joint International Conference on Mathematical Methods for Super-Computing in Nuclear Applications, Karlsruhe, Germany, Vol. 1, pp. I-605 to I-619, April 19-23, 1993
- [21] TÜV SÜD: Grundlagen der Begutachtung eines neuen Brennelementtyps. Fachliche Grundlagen und Bewertungsmaßstäbe Mai 1995 (revidiert Januar 2004)
- [22] Abwicklungsregelung AR KB/97 für die Auslegung und Herstellung von Kernbauteilen
- [23] U. Rohde, V. Khalimonchuk et.al.: On usage of coupled neutron-kinetic and thermal-hydraulic computer code DYN3D-ATHLET to study safety of VVER-1000 type reactrs under transient and emergency operational modes, Proceedings of the 10. AER-Symposium, p. 913, Moscow, Russia, 18.-22. Oct. 2000
- [24] Yu. P. Kovbasenko, T. Lötsch, M.L. Yeremenko: Caculational Modelling of Fuel Assemblies of VVER 1000 Type with the Use of Burnable Absorber Gadolinium. Comparative Analysis, Proceedings of the 11. AER-Symposium, p. 763, Csopak, Hungary, 24.-28. Sept. 2001



- [25] Proceedings of the 12th Symposium of the AER, Sunny Beach, Bulgaria, 22 - 28 Sept. 2002:
- Y.N. Ovdiyenko, V.A. Khalimonchuk, A.V. Kuchin: Studying Emergency Mode of Rejecting VVER-1000 Cluster under Conditions of Actuation of Emergency Protection with Different Rates of Insertion and Partial Failure to Insert Control Rod Into Core, p. 13
- Y. Kozmenko, U. Rohde et.al.: VALCO - Validation of Transient Analysis Codes for VVER by Using Measurement Data, p. 361
- [26] Proceedings of the 13. AER-Symposium, Dresden, Germany, 22.-26. Sept. 2003:
- T. Lötsch, M.L.Yeremenko, Yu.P. Kovbasenko: Results of the Benchmark Calculation with the Codes NESSEL and CASMO, p. 123
- V. Khalimonchuk, A. Kuchin: Xenon Fluctuations of Power in VVER-1000, p. 167.
- U. Grundmann, S. Mittag: DYN3D calculations for the V-1000 test facility and comparison with the measurements, p. 521
- Y. Kozmenko, U. Grundmann, S. Mittag, U. Rohde, F-P. Weiss: Transient simulations in VVER-1000 - comparison between DYN3D-ATHLET and DYN3D-RELAP5, p. 595
- [27] Proceedings of the 14. AER-Symposium, Espoo, Finland, 13.-17. Sept. 2004:
- T. Lötsch, Yu. P. Kovbasenko: Benchmark calculations with the codes NESSEL and CASMO, p. 81
- Y. Ovdiyenko, V. Khalimonchuk: Calculating studies of xenon transient connected with step-wise power decrease for burned core, p. 265
- S. Kliem, S. Mittag, S. Langenbuch: Uncertainty and sensitivity analysis of a VVER-1000 start-up experiment using the coupled code DYN3D/ATHLET and the statistical code package SUSA, p. 503
- [28] Proceedings of the 15. AER-Symposium, Znojmo, Czech Republic, 03.-07. Sept. 2005:
- M. L. Yeremenko, Yu. P. Kovbasenko, O. V. Gorbachenko, A.I. Ignatchenko: Assessment of the control rod and burnable absorber assembly efficiency during operating in VVER-1000 core, p. 247
- P. Vlasenko, V. A. Khalimonchuk, A. V. Kuchin: Practice of the engineering calculational code used for the WWER-1000 RPV fluence estimation, p. 261
- Matthias Nuding, Thomas Lötsch: Measurement of reactivity coefficients for code validation, p. 349
- Y. Ovdiyenko, V. Khalimonchuk: Calculation studies of transient connected with one uncontrolled cluster withdrawal with subsequent working of automatic power controller, p. 441

- [29] Proceedings of the 16. AER-Symposium, Bratislava, Slovakia, 25.-29. Sept. 2006:
- Y. Ovdienko, V. Khalimonchuk, A. Kuchin: The power maneuvering regime simulation on 2nd unit of Khmelnitsky NPP, p. 83
- S. Kliem, U. Rohde: State of the art regarding the safety analysis of boron dilution events in Germany, p. 411
- M. Yermenko, Y. Ovdienko, V. Khalimonchuk: Assessment of the thermal-mechanical behaviour of fuel pins during power maneuvering regime on 2nd unit of KHNPP, p. 447
- Y. Bilodid: Nuclear safety analysis for transport cask TK-6 (for VVER-440) and cover for fresh assemblies (for VVER-1000) in implementation of new fuel types at Ukrainian NPP, p. 645
- [30] Proceedings of the 17. AER-Symposium, Yalta, Ukraine, 23.-29. Sept. 2007:
- A. Kuchin, Y. Ovdienko, T. Lötsch: Comparison of CASMO and NESSEL few group cross section libraries and their usage in DYN3D, p. 217
- M. Yermenko, Y. Ovdienko, V. Khalimonchuk: The thermal-mechanical behaviour of fuel pins during power maneuvering regime at stationary core loading on 2nd unit of KHNPP, p. 279
- Y. Ovdienko, V. Khalimonchuk, M. Yermenko: Comparative analysis of different methods of modelling of most loaded fuel pin in transients, p. 621
- [31] Y. Ovdienko, A. Kuchin, V. Khalimonchuk: ANALYSIS OF THE SCRAM ACTUATION BY PERIOD DURING WWER-1000 FAST UNLOADING, Proceedings of the 18. AER-Symposium, Eger, Hungary, 06.-10. Oct. 2008
- [32] Proceedings of the 19. AER-Symposium, St. Constantine, Bulgaria, 21.-25. Sept. 2009:
- T. Lötsch, V. Khalimonchuk, A. Kuchin: Proposal of a benchmark for core burnup calculations for a VVER-1000 reactor core, p. 53
- I. Ovdienko: Conservative RIA analysis with the use of spatial kinetic model, p. 643

Замечание: Отчеты /16/, /17/-/20/, на которые ссылаются в отчетах по обоснованию ЯРБ, не были представлены. Поэтому вопросы, применимости тех или иных расчетных программ и методов не всегда были обоснованы, как следовало бы сделать в соответствии с немецкими правилами, нормами и стандартами по ЯРБ. В этих случаях заключение и выводы основываются на материалах, представленных экспертами ГНТЦ ЯРБ Украины и результатах беседы с соответствующими экспертами во время встреч в Киеве и Мюнхене, состоявшихся с 02.11. по 06.11. и с 07.12. по 11.12.2009г.

Ссылки [23]-[32] приведены для подтверждения проведенной и документированной процедуры валидации и верификации программ расчета НФХ, использованных в расчетах и анализах экспертов ГНТЦ и TÜV.



Введение

Государственный Комитет Ядерного Регулирования Украины (ГКЯРУ) выразил в письме № 12-26/20 от 17.02.2009г. желание получить поддержку экспертам Государственного Научно-Технического Центра по Ядерной и Радиационной Безопасности (ГНТЦ ЯРБ) при проведении экспертизы выполнения требований по ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ) для загрузок активной зоны энергоблока № 3 Южно-Украинской атомной электростанции (ЮУ АЭС) тремя различными типами тепловыделяющих сборок (ТВС): ТВС-W компании Вестингауз, ТВСМ и ТВСА русского изготовления с различными нейтронно-физическими (НФХ) и теплогидравлическими характеристиками (ТГХ).

В частности, экспертами TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Мюнхен, Германия (TÜV) должны быть рассмотрены проблемы при анализе и оценке предъявленных документов по обоснованию ЯРБ таких загрузок, а также по выполнению и соблюдению требований по ЯРБ при эксплуатации загрузок с ТВС-W компании Вестингауз в рамках программы научно-технического сотрудничества между ГКЯРУ / ГНТЦ ЯРБ и ВМУ/GRS, Германия.

Эта поддержка ГНТЦ ЯРБ при анализе эксплуатации загрузок активной зоны реактора энергоблока № 3 ЮУ АЭС с ТВС-WB компании Вестингауз оказывается в рамках проекта ВМУ R0801504(SR2611) - 864100/08-UA-2820 в виде консультации экспертами TÜV по подходам и требованиям Германии. Анализы, расчёты и др. проводятся экспертами ГНТЦ ЯРБ самостоятельно. Эксперты TÜV при содействии со стороны экспертов Исследовательского Центра Дрезден (FZD) поддерживают эти работы по объему и по содержанию, представленному в списке /10/, а также заключительному рассмотрению (ревью) отчета о выполнении государственной экспертизы /1/ по эксплуатации загрузок с ТВС-W.

Ниже представлены обзор основных результатов анализа, замечаний и условий экспертов ГНТЦ ЯРБ и соответствующие комментарии и замечания экспертов TÜV.

Предъявленный проект отчета рассматривался экспертами TÜV с точки зрения полноты информации и экспертизы соответствующих вопросов в соответствии со списком /11/. Замечания и комментарии даются по ходу текста, для того чтобы не потерять взаимосвязь в содержании. Оглавление соответствует структуре проекта отчета /1/.

Критерии оценки для пересмотра отчета /1/

Требования для экспертиз ядерной и радиационной безопасности новых типов ТВС представлены в документах /11/, /21/ und /22/.

Полнота проекта отчета (/1/, разделы 1, 2, 3)

Предмет

В ниже следующем представлены вопросы и направления анализа, которые были рассмотрены в отчете /1/, разработанном экспертами ГНТЦ Украины. Дальше оценивается полнота рассмотрения, учитывая требования к представленной заявителем информации, к направлениям и методам анализа и другому, согласно немецким правилам, нормам и стандартам ЯРБ. Достаточно полный перечень требований составлен в /11/ и в документах /21/ и /22/.

В отчете /1/ рассматриваются вопросы безопасного использования загрузочной партии ТВС фирмы Вестингауз (далее ТВС-W) по разделам:



- Раздел 1: Общие вопросы - представление основания проведения экспертизы, соответствие анализов принципам обеспечения безопасности АЭС и требованиям действующих норм, правил и стандартов по ЯРБ Украины, а также установление полноты и достаточности обоснований безопасности,
- Раздел 2: Представление цели, задач и предмета экспертизы для отдельных направлений анализа - ядерная безопасность и н.ф. анализ, теплогидравлический и вероятностный анализ безопасности АЭС, анализ прочности и надежности конструкции ТВС и анализ радиационной безопасности,
- Раздел 3: Принятые критерии оценки - Критерии оценки, на основе которых проводилась экспертиза выполнения требований ЯРБ, соответствуют современным международным подходам. Часть приведенных документов, как, например, Руководство 1.70 Комиссии по ядерному регулированию США /7/ и руководства МАГАТЭ /8/, /9/.
- Раздел 4: Результаты проведения экспертных оценок по направлениям,
 - реакторная физика и ядерная безопасность реакторной установки (нейтронно-физический анализ), причем здесь анализировались также аспекты для других областей анализа, насколько они имели взаимосвязь с рассмотренными вопросами (например распределение энерговыделения и ограничения по плотности энерговыделения связаны с требованием недопущения кризиса теплообмена в условиях нормальной эксплуатации),
 - теплогидравлика реакторной установки и анализы переходных и аварийных процессов (теплогидравлический и вероятностный анализ безопасности АЭС),
 - тепломеханическое проектирование твэлов и ТВС (анализ прочности и надежности конструкции ТВС),
 - радиационная безопасность.
- Раздел 5: Общие выводы и рекомендации - представляет обзор результатов, выводов, заключений и рекомендации

Оценка

Все документы, предъявленные Заявителем для анализа, основы экспертизы и ее цели представлены достаточно полно и соответствуют современному уровню науки и техники. Это также подтверждается представленными в разделе 2 отчета /1/ (стр. 2-5) целями проведения экспертизы.

В общем, все необходимые для рассмотрения безопасности нового типа грузочной ТВС направления анализа учтены в отчете /1/. Приведенные списки данных и информации, необходимые для обоснования ЯРБ эксплуатации перегрузочной партии новых ТВС-W соответствуют и требованиям, принятым в Германии при экспертизе данного вопроса (см. /21/, /22/).

Критерии оценки, приведенные в отчете, соответствуют международной практике и современному уровню науки и техники. Часть приведенных критериев и подходов, как, например, US NRC: Regulatory Guide 1.70 /7/ и руководств МАГАТЭ /8/, /9/ носят рекомендательный характер в Украине и Германии, но представляют современный уровень в направлениях методов и анализов по обоснованию ЯРБ.

Далее, анализируется информация и результаты раздела 4 экспертизы, представленные в отчете /1/ и касающиеся результатов проведенной экспертизы, на полноту и, где это без дополнительных затрат возможно, на достоверность.



Раздел: Общие сведения (4.1, стр. 10)

Предмет

Изложено актуальное состояние по обоснованию ЯРБ эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W в активной зоне энергоблока № 3 ЮУ АЭС в момент проведения экспертизы: С конца 2005г. первые 6 опытных (пилотных) ТВС-W находятся в эксплуатации вместе со сборками русского поставщика типа ТВСМ и ТВСА. На протяжении трех лет эксплуатации опытных ТВС-W замечаний по результатам инспекционных осмотров после трех ППР не было.

На этой основе заключается о возможности использования перегрузочной партии ТВС-W

Оценка:

По опыту эксплуатации ТВС фирмы Вестингауз (в том числе на АЭС Темелин в Чехии) были внедрены ряд модификаций конструкции для повышения механической прочности и прочности против искривления (см. более подробно - раздел механическое проектирование и отчет /12/).

По содержанию видно, что влияние этих модификаций на НФХ и ТГХ и совместимость с уже загруженными ТВС не было оценено в отчете /1/. В ходе рассмотрения разделов вернемся к этому вопросу. Должно было оценено, насколько конструкция, нейтронно-физические, механические и теплогидравлические характеристики ТВС-W совместимы с уже эксплуатируемыми ТВСА и ТВСМ.

При экспертизе требуется, что вопросы конструктивной, н.ф., механической и теплогидравлической совместимости были рассмотрены.

Во время трех кампании опытные ТВС-W показали, что все требования эксплуатации выполняются. Не было обнаружено дефектов, повреждений или др. во время эксплуатации в активной зоне блока № 3 ЮУ АЭС.

Однако, заключение о безопасной эксплуатации перегрузочных ТВС-W должно основываться на том, что они идентичны по сравнению с опытными ТВС, для которых имеются положительный опыт эксплуатации и соответствующие обоснования ЯРБ.

Направление анализа «Ядерная безопасность и нейтронно-физические характеристики», (4.2, стр. 11)

Предмет

В отчете /1/ не рассматривались вопросы НФХ ТВС-W фирмы Вестингауз и, следовательно, нейтронно-физической (н.ф.) совместимости по отношению к ТВС русского производителя типов ТВСМ и ТВСА. Эти вопросы были рассмотрены и положительно оценены в отчете /10/ по экспертизе загрузки 6 опытных ТВС фирмы Вестингауз.

Приводится и оценивается информация по эксплуатации 6 опытных ТВС-W.

При рассмотрении представленных документов экспертами ГНТЦ ЯРБ было установлено, что:

- имеется опыт эксплуатации 6 пилотных ТВС-W в течение трех кампаний со смешанной загрузки,
- нет видимых нарушений целостности и герметичности оболочек твэлов и ТВС-W,
- важные характеристик активной зоны, измеренные во время эксплуатации, были предварительно рассчитаны с достаточной точностью,
- сила трения при перемещении штанг приводов СУЗ, коррозия материалов ТВС и оболочек твэлов и состояние поверхностей находятся в допустимых пределах.



Установлено, что программы н.ф. расчета обеспечивают достаточную точность определения НФХ по сравнению с данными эксплуатации активной зоны, измеренными в течение 3 кампании на блоке № 3 ЮУ АЭС.

Однако отмечено, что ТВС-W, предназначенные для перегрузочной партии, конструктивно изменены. Приводятся модификации ТВС-W (см. /1/, стр. 12). Эти модификации должны обеспечивать более высокую прочность ТВС-W на основе опыта эксплуатации. Важной в отношении НФХ является замена выгорающего поглотителя, интегрированного в топливо.

Анализ данных механической части проектирования ТВС-W перегрузочной партии, (4.2.1, стр 12)

Рассматриваются вопросы механических и прочностных характеристик ТВС-W, связанные с НФХ. Отмечается, что

- при обосновании работоспособности твэлов использовались расчетные программы, которые нигде не описаны и не представлено никаких материалов по их валидации и верификации для подтверждения приемлемости. Эксперты ГНТЦ ЯРБ указывают, что необходимо в данном разделе отчета представить соответствующую дополнительную информацию.
- отсутствуют обоснования и разъяснения по зависимости максимально допустимой мощности твэла и твэга ТВС-W перегрузочной партии от глубины выгорания топлива и по превышению допустимого значения для этой величины в расчете для 21-й кампании.

Отмечается ряд других необходимых корректировок и дополнительных разъяснений в документах, предъявленных Заявителем.

Экспертами ГНТЦ ЯРБ отмечается, что в некоторой части документы оформлены в виде, требующем основательной редакционной доработки. Отсутствуют материалы, на которые ссылаются в текстах. Это особенно не понятно и не приемлемо в части обоснования применимости методов, методик, расчетных кодов и т.д., которые используются в анализах по обоснованию ядерной и радиационной безопасности эксплуатации активных зон с ТВС-W.

Теплогидравлический анализ смешанных активных зон в стационарных режимах нормальной эксплуатации (4.2.2, стр. 14)

В данном разделе рассматриваются вопросы теплогидравлического анализа, насколько они взаимосвязаны с НФХ ТВС-W. В отчете /1/, стр. 14, отмечается следующее:

- поверхностное оформление и представление анализа теплогидравлического анализа, ссылаясь на «методологию Вестингауз»
- отсутствие описания теплогидравлической модели смешанных активных зон, принятых в анализе соответствующих загрузок
- отсутствие описания активной зоны по теплогидравлическим характеристикам и пространственному распределению энерговыделения (аксиальному)
- отсутствие описания расчетного кода и методологии оценки максимально допустимого подогрева на ТВС

Отсутствует описание программного продукта и методологии оценки максимально допустимого подогрева на ТВС. Кроме того, не понятно, каким образом оценивалась величина "фактического пельного эффекта" и учитывалась ли в оценке максимального подогрева теплоносителя.



Анализ раздела «Ядерно-физическое проектирование» (4.2.3, стр. 14)

Экспертами ГНТЦ ЯРБ констатируется, что ряд замечаний по некорректным данным и необходимым исправлениям (например по отношению некорректных схем загрузок) был устранен представленными дополнительными документами Заявителя (4.2.3.1), а именно:

- приведены некорректные схемы загрузки и они исправлены в дополнительных материалах, предъявленных заявителем после замечаний экспертов;
- перепутаны схема загрузки и распределение глубин выгорания для 22. кампании (первая переходная кампания) и для 25. кампании (первая кампания только с загрузкой ТВС-W; отсутствует информация о глубинах выгорания ТВС, находящихся уже 4. кампанию в а.з.;

Однако отсутствует подтверждение соблюдения предельно-допустимых значений глубин выгорания ТВСА четвертого года эксплуатации отсутствует, что важно с точки зрения предельно допустимых значений глубины выгорания ТВС и твэлов.

Далее оценивается выполнение требований по используемым расчетным программам PHOENIX-H/ANC-H и методологии для анализа (4.2.3.2, стр. 15). Заключается о пригодности программ PHOENIX-H/ANC-H в рамках погрешностей расчета НФХ в допустимых интервалах. Это заключение подтверждается приведенной информацией о сопоставлении предъявленных расчетных результатов с результатами поверочных расчетов, проведенных экспертами ГНТЦ.

В отчете /1/ рассматриваются рассчитанные НФХ активной зоны для кампаний 21. - 24.. Отмечается, что необходимо дополнить соответствующую информацию для 25. и первой стационарной топливной загрузок (которая содержит только топливо ТВС-W

В следующем пункте (4.2.3.3, стр. 16), в котором оценивается полнота объема н.ф. расчетов в обоснование безопасности загрузок, рассмотрены НФХ, такие как, например, распределения энерговыделения и глубины выгорания, концентрации борной кислоты в зависимости от выгорания, эффективности органов регулирования, коэффициенты реактивности и др. Констатируется отсутствие информации о набросе энерговыделения ТВСМ и ТВСА 4-го года эксплуатации.

Заключается, что, в целом, представленный объем соответствует требованиям правил, норм и стандартов Украины (НД).

В п.4.2.3.4, (/1/, стр. 16) анализируется соответствие расчетных НФХ с требованиями НД по ЯРБ. Констатируется, что все требования выполняются (/1/: смотри таблицу 4.2-2, стр. 18) Констатируется выполнение требований НД Украины. В отдельных случаях, указывается на расхождение между длительностью кампании № 21 в разных документах.

Далее в п. 4.2.3.5. (/1/, стр. 19) анализируется учет изменения межкассетных зазоров при расчете энерговыделения твэла.

Требуется подтверждение по данным эксплуатации, например инспекцией ТВС после выгрузки в конце кампании по результатам прогиба (изгиба).

Эксперты ГНТЦ ЯРБ отметили, что, в общем, объем предъявленного материала соответствует требованиям. Несмотря на это, следует дополнить информацию о набросе энерговыделения ТВС четвертого года эксплуатации и о соответствующих глубинах выгорания для оценки выполнения требований по предельно допустимым значениям для ТВС четвертого года эксплуатации.

Для оценки ЯРБ в отчете /1/ (4.2.3.6, стр. 19-51) представлены результаты поверочных расчетов, которые проводили эксперты ГНТЦ.



Эксперты ГНТЦ проводили в тех частях, где необходимо для подтверждения выполнения требований норм, правил и стандартов по ЯРБ, собственные проверочные расчеты. Этим можно было утверждать правильность выводов, приведенных в материалах заявителя, или при отсутствии соответствующих количественных характеристик в предъявленных документах проверить собственными методами и расчетами выполнение требований.

Для проверки результатов нейтронно-физических расчетов, представленных ЮУ АЭС, были выполнены расчеты $21 \div 25^{01}$ и стационарной топливных загрузок блока №3 ЮУАЭС с помощью программы DYN3D. Расчеты потвэльных распределений получены с помощью DYN3D/DERAB. Расчеты выполнены для сектора симметрии 360° . Библиотеки нейтронно-физических малогрупповых констант подготовлены с помощью программы HELIOS. Константы были рассчитаны в рамках проведения экспертизы документа «Технические условия на ТВС компании "Westinghouse" для реактора ВВЭР-1000 WEC-UNFQP-005-01(Т), Редакция 1» №09-09-4898/1» /16/. Библиотека, подготовленная кодом HELIOS, использовалась для расчетов по коду DYN3D. Для кода DERAB была использована библиотека, подготовленная по программе NESSEL.

Пере проверка специалистами Иссл. Ц Дрезден

В соответствии с подходом при валидации и верификации и с нормами, правилами и стандартами Украины по ЯРБ были проверены следующие н.ф. величины, имеющие значение для ЯРБ загрузок:

- начальная концентрация борной кислоты и длительность эксплуатации загрузки;
- коэффициенты неравномерности энерговыделения k_q , k_v , k_r , k_o ;
- линейные энерговыделения для кассет 4^{го} года эксплуатации;
- эффективности рабочей группы ОР СУЗ и аварийной защиты;
- распределение и максимальные глубины выгорания твэла и твэга ТВСМ, ТВСА, ТВС-W;
- линейное энерговыделение твэла и твэга ТВСМ, ТВСА, ТВС-W;
- коэффициенты реактивности.

В отчете о выполнении экспертизы /1/ констатируется, что подготовленный набор характеристик позволяет сделать вывод о корректности результатов, представленных в материалах заявителя и о возможности перевода 3-го блока ЮУ АЭС на четырехгодичный топливный цикл с подпиткой ТВС-W разработки фирмы Westinghouse.

По всем характеристикам существуют соответствующие допустимые значения или диапазоны допустимых значений.

Представленные два независимых расчета демонстрируют достаточно хорошее согласие результатов, что свидетельствует о корректности расчетного обоснования возможности формирования топливных загрузок на базе топлива ТВС-W, представленного ЮУ АЭС.

Дополнительно, экспертами ГНТЦ ЯРБ отмечено, что (4.2.3.6.1. стр. 21 отчета /1/) отсутствует оценка наброса линейного энерговыделения для топлива российского производства 4-ого года эксплуатации. Результаты проверочных расчетов показывают превышение предельно-допустимых значений для кампании №21 и для кампании №25. Далее констатируется экспертами ГНТЦ ЯРБ, относительно большое расхождение в расчетной величине длительности кампании порядка 20 эфф. суток и концентрации борной кислоты C_b для кампаний 22÷24.

Расчет накопленного флюенса нейтронов на корпус реактора и внутрикорпусные устройства рассматривается в 4.2.3.6.2 (стр. 51). В предъявленных заявителем материалах рассмотрение этого вопроса отсутствовало. Поэтому в п 4.2.3.6.2 (/1/, стр. 51) представлены соответствующие проверочные расчеты, которые проводились экспертами



ГНТЦ ЯРБ своими средствами. Как результат проведенных расчетов можно констатировать, что реализация предложенных компоновок активной зоны с использованием топлива ТВС-W приводит к увеличению радиационной нагрузки корпуса реактора блока №3 ЮУ АЭС примерно на 5-10% относительно кампании №20. Аналогичное увеличение было получено и при внедрении топлива ТВСА на АЭС Украины (кассеты ТВСА и ТВСВ достаточно схожи с точки зрения нейтронно-физических характеристик и используют один и тот же тип выгорающего поглотителя). В дальнейшем, незначительное увеличение радиационной нагрузки корпуса реактора может быть скомпенсировано компоновками активной зоны с более низкой утечкой нейтронов.

Независимые поверочные расчеты радиационной нагрузки корпуса реактора энергоблока №3 ЮУ АЭС подтверждают возможность эксплуатации энергоблока №3 ЮУ АЭС с топливом фирмы Westinghouse ТВСВ

Оценка

В заключении следовало бы указать на то, что вопрос о совместимости был рассмотрен в предыдущей экспертизе /10/. Также следовало оценить, как влияют модификации конструкции на н.ф. характеристики ТВС-W по сравнению с результатами, полученными в отчете /1/, где анализировалась эксплуатация ТВС компании Вестингауз модифицированной другой конструкции.

Далее в п.4.2.1, стр. 12 в представленных материалах не выясняется вопрос о том, учтены ли перечисленные выше модификации в результатах анализов и при рассмотрении опыта эксплуатации. Не обсуждался вопрос, насколько влияют модификации на характеристики ТВС-W и как изменяются результаты анализов и оценок экспертизы. Здесь требуется четкое изложение анализируемых данных ТВС, даже в случае незначительных изменений. По отношению к модифицированным сборкам ТВС-W практически не приведены результаты анализов и опытной эксплуатации. Н.Ф. совместимость поддерживается только косвенно тем, что прогнозируемые эксплуатационные характеристики (концентрация борной кислоты, распределения энерговыделения и др.) только мало отличаются от предыдущих прогнозов.

В материалах, представленных экспертам TÜV, подобная информация о модификациях вообще отсутствовала и следовало востребование соответствующей информации.

Примечание:

Учитывая перечисленные модификации конструкции ТВС-W и то, что в представленных материалах отсутствуют данные по опыту эксплуатации на 3. блоке ЮУ АЭС, во время рабочей встречи в Киеве в период с 02. по 06.11.2009г и в Мюнхене (07.12.-11.12.2009). были обсуждены некоторые факты (см. раздел прочности и термомеханическое проектирование ТВС-W в отчете /12/).

В представленных документах приводится материал по эксплуатации на других АЭС (например АЭС Темелин), хотя и там эти сборки ещё не были загружены.

В /1/, стр. 12, экспертами ГНТЦ ЯРБ констатируется, что загрузку модифицированных 42 ТВС-W следует рассматривать как начало опытно-промышленной эксплуатации. Если подходить с этой точки зрения, то требования украинских норм, правил и стандартов по ЯРБ выполняются.

Однако, если применяются немецкие требования, то должны быть предъявлены материалы по опыту эксплуатации хотя бы пилотной партии модифицированной ТВС и соответствующие полные анализы ЯРБ при эксплуатации полной перегрузочной партии ТВС, показывающие выполнение требований НД по ЯРБ, до получения согласия регулирующего органа до загрузки целой перегрузочной партии. Это значит, что полную перегрузочную партию нового типа ТВС допускается загрузить в активную зону только



после получения положительного опыта эксплуатации пилотных ТВС. При этом пилотные ТВС должны быть идентичными по всем характеристикам перешрубочных ТВС, а ожидаемые параметры эксплуатации активной зоны должны быть аналогичными эксплуатации пилотных ТВС.

Приведенные примеры показывают, что в отчете /1/ правильно отмечена необходимость исправления большого количества неточностей, наличие непонятных выводов и невозпроизводимых результатов: отсутствие изложения методики и экспериментального материала, на основе чего формируются соответствующие модели и расчетные коды. Такой вывод сделан уже при рассмотрении предъявленного материала Заявителя по новым ТВС-W в /12/.

В немецкой практике - это оценивалось бы как не полная информация по обоснованию ЯРБ и требовалось бы доработка и дополнение представленных документов до завершения экспертизы и заключения о выполнении требований по ЯРБ.

В частности, отсутствуют описания проведенных анализов (/1/, 4.2.2, стр. 14), что по немецким требованиям недопустимо. В Германии требуются представление результатов расчета распределения плотности энерговыделения и сравнение с максимально допустимым значением для ТВС и твэла. Эти недодельки должны быть устранены до завершения экспертизы по ЯРБ загрузки перегрузочной партии ТВС-WB. В отчете /1/ это устанавливается точно, так же как в отчете экспертов TÜV /12/.

Последняя редакция отчета по квалификации программ для расчета НФХ не имела в распоряжении для анализа: Квалификации системы расчетных программ PHOENIX-H/ANC-H для проектирования активной зоны с ТВСА. 12-3-036, Редакция 1, Май 2009.

В отчете /1/ (4.2.3, стр. 14) констатируется, что использованные расчетные программы удовлетворяют украинским требованиям: Основные погрешности расчета приведены по основным НФХ.

Все таки, некоторые выводы и оценки по верификации и валидации расчетных программ, а также использованным моделям и соответствующим тестовым расчетам не понятны и недостаточно разъяснены в представленных материалах.

Здесь можно на основе поверочных расчетов и соответствующих результатов только косвенно судить о пригодности расчетных кодов. По немецким правилам - это только в порядке исключения после согласия регулирующего органа допустимо.

Можно констатировать, что рассмотренный в отчете /1/ (4.2.3.3, стр. 16) объем НФХ достаточен для анализа выполнения требований. Однако, не вся информация, необходимая для оценки выполнения требований по ЯРБ, предъявлена.

В немецких нормативных документах (см. /11/, /21. и /22/) требуется для всех ТВС в активной зоне представить соблюдение максимально допустимых значений по плотности энерговыделения и глубин выгорания по результатам прогнозных расчетов, проведенных с помощью валидированных и верифицированных расчетных программ в соответствии с современным уровнем знаний, науки и техники.

Приведенный в отчете /1/ (4.2.3.4, стр. 16) материал достаточен вместе с результатами поверочных расчетов для оценки выполнения требований ЯРБ, если Регулирующий Орган согласен с таким подходом.

Далее, представленные НФХ (см. Tab. 4.4-5, ТОВ, Vol.1 и Tab 4.2-2 отчета /1/, стр. 16/17) показывают, что ограничения по плотности энерговыделения $k_f \leq 1.40$ для ТВС-W в 23., 24. и 25. кампаниях не выполняются.

Здесь необходимо изменение схемы загрузки или другие мероприятия, обеспечивающие выполнение требований ЯРБ. Просто так оставить, по немецким правилам невозможно



Исходя из выше приведенного, нам не совсем понятно следующее высказывание в отчет /1/, стр 16:

«Анализ представленных в таблице 4.2-2 данных указывает на выполнение требований основных нормативных документов по соблюдению пределов на все нейтронно-физические характеристики активной зоны в течение эксплуатации 21÷24^{ой} и стационарной топливных загрузок с использованием кассет ТВСМ, ТВСА и ТВСВ».

Анализ представленных данных в таблице 4.2-2 отчета /1/ действительно показывает, что запланированные загрузки выполняют требования норм, правил и стандартов ЯРБ, кроме для ограничения по энерговыделению.

Требуется дополнительная проверка и разъяснение причины или, если не соблюдается предельно-допустимое значение, изменение схемы загрузки.

В частях, для которых требуется выполнения предельно-допустимых значений, эксперты ГНТЦ проводили проверочные расчеты (см. /1/, 4.2.3.6, S. 19-51). Эти расчеты, включая соответствующие модели и условия для активной зоны блока № 3 ЮУ АЭС, были рассмотрены специалистами FZD во время рабочей встречи (02.12.-09.12.2009г. в Дрездене) в рамках проекта BMU R0801504 (SR2611) с положительным результатом.

Использование перечисленных н.ф. расчетных кодов верифицировано и валидировано в течение совместных работ в рамках проектов SR2441, SR2511 и SR2611 в период 2002-2009гг.. Результаты были представлены и общедоступны в опубликованных докладах симпозиумов AER (см. /23/-/32/).

Этим можно установить правильность представленных НФХ и заключений в документах, предъявленных Заявителем, а также при отсутствии соответствующих количественных данных на основе независимых методов и расчетов.

Такая практика приемлема, но не совсем в соответствии с подходом TÜV. От заявителя требуется информация, позволяющая оценить совместимость новых типов ТВС по НФХ, теплогидравлическим и термомеханическим характеристикам. Проверочные расчеты проводятся для проверки достоверности предъявленной информации.

По немецким требованиям требуется прогнозный расчет ожидаемого накопленного флюенса быстрых нейтронов на внутрикорпусные устройства и корпус реактора в конце запланированной кампании до начала загрузки активной зоны и кампании и предъявление результатов для оценки (см. 4.2.3.6.2 в /1/, S. 51). Это особенно важно для регулирующих стержней рабочей группы, которые находятся в активной зоны во время кампании. Поскольку с возрастанием флюенса механические характеристики материалов (например, охрупчивание) изменяются, следует проследить за этим значением и перед каждой кампанией сопоставить предельно-допустимое значение флюенса с прогнозным значением в конце рассмотренной кампании.

В материалах Заявителя по обоснованию ЯРБ вообще не представлены соответствующие предельно-допустимые и прогнозные значения флюенса. Отсутствует информация о сопоставлении с прочностными характеристиками стержней-кластеров органов регулирования.

Поэтому экспертами ГНТЦ были проведены собственные расчеты для такой оценки. Однако, отсутствует информация о валидации и верификации соответствующих расчетных моделей.

Далее требуется, после каждой кампании перепроверка на основе действительных графиков нагрузки реактора и распределений энерговыделения и выгорания для подтверждения заключения.

Для этого следует сформулировать соответствующее дополнительное условие для положительной экспертизы по немецкому подходу.



Ядерная безопасность при обращении с ТВС-W компании Вестингауз (4.2.4., стр. 60)

Предмет

Этот аспект ЯРБ был рассмотрен в предыдущем отчете о выполнении Государственной экспертизы №09-09-4932/1 Технического решения «Об обращении с ТВС-W (по ТУ WEC-UNFQP-005(T) редакция 1, апрель 2009 г.) компании «Вестингауз» на узле «свежего» топлива ЮУ АЭС» №ТР.3.0023.____»).

Отмечено ряд неточностей и ошибок в изложенном материале по этому вопросу. Требуется доработка соответствующего материала и повторное представление Заявителем.

Оценка

Экспертам TÜV не были представлены соответствующие документы. По списку /11/ следовало рассмотреть: требования к обращению, хранению и транспортировке ТВС (Anforderungen an BE-Handhabung, -Lagerung und -Transport) и их выполнение

- при нормальной эксплуатации,
- при авариях во время обращения, хранения и транспорта,
- по безопасности от критичности.

На основе отчета /1/ можно заключить, что все основные вопросы были рассмотрены. Для выполнения требований по ЯРБ следует провести корректировку прельвленных документов и повторное представление.

Анализ исходных событий "Изменение реактивности и распределения энерговыделений" (/1/: 4.2.5, стр. 61)

Предмет

В данном разделе рассматривается полнота перечня анализируемых исходных событий (ИС) в материалах заявителя по обоснованию ЯРБ эксплуатации загрузок с ТВС-WB в соответствии с требованиями правил, норм и стандартов ЯРБ Украины. Уже в ходе предварительного анализа экспертами ГНТЦ ЯРБ был установлен ряд замечаний. По замечаниям экспертов ГНТЦ ЯРБ список анализированных событий был дополнен: Не все предусмотренные правилами события, в особенности в части реактивных аварий и нарушения распределения энерговыделения были анализированы, что требовало представления дополнительных материалов в соответствии с нормами, правилами и стандартами ЯРБ, действующими в Украине. В документах, предъявленных Заявителем, это следует отредактировать соответствующим образом.

Констатируется соответствие списка исходных событий с требованиями по анализу нарушений норм. эксплуатации и аварийных процессов в части «Изменение реактивности и распределения энерговыделения».

В п. 4.2.5.1. отчета /1/ эксперты ГНТЦ ЯРБ представляют результаты анализа расчетных программ, принятых в моделировании ИС "Изменение реактивности и распределения энерговыделений".

Эксперты ГНТЦ устанавливают, что для моделирования реактивных аварий используются Заявителем программы FACTRAN, LOFTRAN, TWINKLE, ANC-N и VIPRE-W. Представленные описания по существу представляют собой аннотации к программам, данные в таком виде, что не представляется возможным оценить математические модели, использованные в них.



Здесь отмечалось, как и в нашем отчете /12/ по этому поводу отмечено, недостаточность представленной информации по методам, моделям и расчетным кодам, использованным заявителем при составлении отчета и обосновании ЯРБ для эксплуатации загрузочной партии ТВС-W.

Далее отмечается ряд неточностей и некорректных выводов или непонятных рассуждений, которые не удовлетворяют требованиям украинских норм, правил и стандартов ЯРБ/.

В дальнейшем представлены результаты оценки можелирования и анализов, представленных Заявителем, для следующих исходных событий (ИС):

- выброс органа регулироования (/1/, 4.2.5.2., S. 62),
- подключение ранее неработавшей петли (/1/, 4.2.5.3., S. 65),
- неуправляемое извлечение группы ОР СУЗ (/1/, 4.2.5.4., стр. 66),
- самоход одиночного стержня рабочей группы на номинальной мощности (/1/, 4.2.5.5, S. 67),
- падение одиночного стержня рабочей группы с отработкой АРМ и без отработки АРМ (/1/, 4.2.5.6, S.стр. 69).

Детально обсуждается выбор консервативных предположений начальных и граничных условий, описания моделей и протекания процессов, а также представленные результаты по выполнению требований.

В некоторых случаях устанавливается отсутствие описания модели для анализа ИС.

Отмечается недостаточно ясное и прослеживаемое представление начальных и граничных условий для анализа ИС.

Экспетрами ГНТЦ ЯРБ отмечено в п. 4.2.5.4. по анализу результатов моделирования ИС "Неуправляемое извлечение группы ОР СУЗ (/1/, стр. 66), что метод анализа не описан и результаты анализа, как представлено в материалах, требуют доработки. Это касается, в частности, выбора величины эффективной доли запаздывающих нейтронов $\beta_{эфф}$, что нетривиально и требует всегда обоснования. От этого выбора, а также от выбора других начальных значений зависят результаты расчетного анализа переходного процесса, которые важны для оценки выполнения требований по ЯРБ.

Из-за недостаточного разъяснения и обоснования, а также из-за отсутствия подробного описания методологии, невозможно оценить, выполнены ли все требования по данному ИС.

Например, если максимальная линейная плотность энерговыделения в данной модели получается равной 1 344 Вт/см, то требуется хотя бы обсуждение, допустимо ли эти или нет. То же самое относится к обсуждению максимально достигнутых температур топлива и оболочки твэла. Для находящихся рядом ТВС-A не приведено никаких данных по анализу. При анализе результатов расчетного моделирования ИС «Самоход одиночного стержня рабочей группы на номинальной мощности» (/1/, п. 4.2.5.5, стр. 67) эксперты ГНТЦ ЯРБ устанавливают наличие превышения установленного ограничения по плотности энерговыделения уже в исходном состоянии.

Это требует хотя бы выяснения причины этого или предложения по допустимым условиям эксплуатации со стороны Заявителя.

Исходя из этого, эксперты ГНТЦ заключают (/1/, S. 65), что на основе предъявленных документов не возможно оценить выполнение требований ЯРБ для использования перегрузочных ТВС-W для 21-ой кампании на блоке № 3. ЮУ АЭС.

Экспертами ГНТЦ ЯРБ констатируется невыполнение требований НД в части описания методологии и обоснованности результатов моделирования.

42



Далее указывается на проведенные экспертами ГНТЦ проверочные расчеты для оценки выполнения тркбований ЯРБ в /1/, 4.2.6.

Оценка:

При рассмотрении использованных программ для моделирования ИС (/1/, 4.2.5.1) правильно отмечается, что использование точечной модели кинетики активной зоны реактора типа ВВЭР для анализа переходных и аварийных процессов с сильно локальными изменениями реактивности и распределения энерговыделения, как, например, непреднамеренное движение одиночного стержня регулирования или выброса стержня регулирования, не соответствует современному уровню науки и техники. Для этих целей применяются трехмерные модели активной зоны реактора, которые подробно описываются при представлении результатов проведенной валидации и верификации.

В предъявленных материалах отсутствуют достаточная информация об этом и о результатах валидации и верификации.

По немецким правилам результаты таких расчетов не достаточны для обоснования ЯРБ и требуют предоставления дополнительной информации и проверки.

Правильно, отмечено экспертами ГНТЦ, что по отношению к анализу событий с изменениями реактивности и распределения энерговыделений представленный материал, изложение и выводы недостаточны для обоснования ЯРБ эксплуатации загрузок с ТВС-W на блоке № 3 ЮУ АЭС.

Эксперты ГНТЦ ЯРБ правильно указывают на ряд неточностей, несвязанных и непонятных изложений и выводов.

Эксперты ГНТЦ правильно требуют доработки материалов и представления обоснованных результатов анализов до принятия решения. Так, например, определяющие теплоемкость и теплопроводность (для ZIRLO) сплавов оболочки твэла в диапазоне температур ниже достигаемых в данном режиме, также отсутствует теплопроводность для таблетки выгоревшего топлива, хотя приведенные характеристики, отчасти, достаточно сильно изменяются с выгоранием.

На основе представленного материала, действительно, достаточно трудно сделать вывод о безопасности использования перегрузочной партии ТВС-W в 3. блоке ЮУ АЭС.

Судя по изложению в отчете /1/, 4.2.5.4, такой вывод можно и сделать по отношению к немецким требованиям. В заключение правильно требуется доработка анализа.

По комментариям в отчете /1/ (п. 4.2.5.5 стр. 67) видно, что материал Заявителя представляет информацию, недостаточно обоснованную для проведения оценки ЯРБ и некачественно документированную.

Самый главный недостаток - расчетный анализ проведен на основе точечной кинетической модели, что не соответствует современному подходу к анализу данных процессов и не позволяет рассмотреть действительно трехмерные локальные изменения НФХ активной зоны в ходе процесса, как, например, аксиальное изменение плотности энерговыделения.

Материал Заявителя, который здесь анализируется (/1/, 4.2.5.6), экспертам TUV не был предъявлен для анализа. Рассматривается изложение экспертов ГНТЦ ЯРБ.

Расчетный анализ ИС «Падение одиночного стержня регулирования» с помощью модели точечной кинетики не соответствует современному уровню проведения таких анализов.

На несоблюдение ограничения по плотности энерговыделения было уже указано выше.

Требуется изменение схемы загрузки соответствующим образом и повтор анализов.



Далее, замечается ряд неточностей, которые требуют коррекции или, хотя бы разъяснения и предоставления комментариев. Что опять свидетельствует о необходимости тщательной и обоснованной доработки материалов для обоснования безопасности использования ТВС-W для загрузки в 3. блоке ЮУ АЭС.

Если обнаруживается несоблюдение установленных предельно-допустимых значений, например, плотности энерговыделения или глубины выгорания, то рассмотренная схема загрузки неприемлема для безопасной эксплуатации активной зоны. Следует изменить схему загрузки таким образом, чтобы предельно допустимые значения величин, важных для ЯРБ, и в наиболее неблагоприятных условиях соблюдались.

Поверочные экспертные расчеты наиболее представительных ИС группы "Изменение реактивности и распределения энерговыделений", (1/1, 4.2.6, стр.69)

Предмет

По ряду расчетных анализов эксперты ГНТЦ проводили поверочные расчеты, что дает возможность оценки выполнения требований по соблюдению предельно-допустимых значений важных для безопасности величин.

Эксперты ГНТЦ ЯРБ выполняли расчетный анализ ИС «Выброс ОР СУЗ» (1/1, п. 4.2.6.1., стр. 69) с помощью программы DYN3D, которая моделирует пространственно-временное поведение активной зоны реактора в трехмерной геометрии. Для описания поведения нейтронов в объеме активной зоны реактора используется двухгрупповое уравнение диффузии. Для нахождения распределения потоков тепловых и быстрых нейтронов уравнения диффузии решаются нодальным методом. В плане активной зоны на одну ТВС приходится одна расчетная точка, в аксиальном направлении активная зона реактора разбивается на 24 слоя.

П. 4.2.6.2 отчета 1/1 (стр. 83) описывает выбранные начальное состояние и условия, критерии приемлемости, хронологию переходного процесса для ИС «Падение ОР СУЗ». Подробно описываются результаты расчетного анализа по важным для оценки безопасности НФХ активной зоны. Временные изменения НФХ приводятся в графиках. Отмечается, что в результате события происходит значительный локальный всплеск энерговыделения вследствие деформации поля нейтронов (стр. 86). Устанавливается, что ИС классифицируется как нарушение нормальных условий эксплуатации и, следовательно, критерием приемлемости является отсутствие кризиса теплообмена.

В этой связи экспертами ГНТЦ ЯРБ отмечается, что в материалах Заявителя утверждается выполнение критериев приемлемости (отсутствие кризиса теплообмена), в то время как результаты поверочных экспертных расчетов показывают несоблюдение критерия приемлемости по недопущению кризиса теплоотдачи.

Указывается на основную причину в расхождении результатов, полученных экспертами и Заявителем: в материалах обоснования Заявителя не учитывается деформация аксиального профиля энерговыделения в горячих каналах в районе извлекаемого кластера (см. 1/1: стр. 86-87).

Расчетный анализ данного переходного процесса на основе модели точечной кинетики, представленный в материалах заявителя, давал в результате, что кризис теплообмена ($DNB > 1.02$) отсутствует. В то время, когда трехмерное моделирование этого переходного



процесса в проверочных расчетах, проведенных экспертами ГНТЦ РБ, показало, что в верхней части активной зоны возникают условия для кризиса теплообмена ($DNB \leq 1.02$).

В отчете /1/, п. 4.6.2.3. (стр. 96) далее представляются начальные значения НФХ и ход ИС «Неуправляемое движение вверх органа регулирования СУЗ», а также изменение важных для безопасности НФХ активной зоны. При этом рассматриваются два случая:

- с учетом действия АРМ
- без учета действия АРМ.

Описываются хронология и последствия в НФХ, таких, как например, мощность реактора и изменение поля энерговыделения (/1/, стр. 98-99). Устанавливаются расхождения в результатах расчетов: «При рассмотрении этого события допускается наличие кризиса теплообмена в твэл. Как показали результаты экспертных расчетов, в данном исходном событии критерии приемлемости для топлива ТВСА соблюдаются. Однако, в отличие от результатов Заявителя, согласно экспертным расчетам в данном процессе наблюдается кризис теплообмена.»

Причиной является, как и в предыдущих пунктах, неучет Заявителем изменения аксиального профиля энерговыделения. Далее предполагается очень консервативный вес данного регулирующего стержня.

По ограничению температур топлива и оболочки твэла по всем типа ТВС соблюдаются требования по приемлемости.

Оценка:

Программа DYN3D и применяемые модели, а также их валидация и верификация хорошо и доступно описаны в /23/-/32/. Проведенные проверочные расчеты соответствуют требованиям и современному уровню науки и техники: трехмерное моделирование активной зоны, представление исходных и начальных условий, прослеживаемый сценарий прохождения процесса, временное развитие всех важных для ЯРБ характеристик в материале отчета /1/ (см. п. 4.2.6.1, стр. 69).

Исходные данные и предположения изложены в достаточном для оценки объеме и результаты показывают соблюдение критериев приемлемости, приведенных в разделе 3 отчета /1/.

Все результаты проверочных расчетов экспертов ГНТЦ хорошо документированы в виде таблиц и рисунков.

Выводы излагаются обоснованные и понятные. Нарушения предельно-допустимых значений критериев ЯРБ в большинстве случаев не происходит.

Представленные результаты (/1/, п. 4.2.6.2, стр. 83) подтверждают, что расчетный анализ таких событий требует трехмерных кинетических программ для моделирования, поскольку строго локальные эффекты изменения распределения плотности энерговыделения и условий теплообмена невозможно достаточно точно моделировать точечными моделями кинетики.

В отчете /1/ следует точно и ясно указать, какие следствия вытекают из результатов анализа и какие условия или ограничения должны быть соблюдены для выполнения требований ЯРБ. Например, необходимо отслеживать, чтобы в загрузках вес одного регулирующего стержня не превышал некоторое граничное значение. Это граничное значение для веса определяется на основе анализа рассмотренного ИС.

Рекомендуется, что эксперты ГНТЦ сформулировали в таких случаях четкие и понятные требования и условия.



Выводы по направлению экспертизы "Ядерная безопасность и нейтронно-физический анализ (4.2.7. стр. 106)

Предмет

В отчете о выполнении экспертизы /1/ устанавливается, что в направлениях

- н.ф. анализа и оценки ядерной безопасности, особенно в части расчетных программ имоделей, использованных в анализе,
- механического проектирования, в части выбора параметров и характеристик для анализа прочности,
- теплогидравлического анализа, в части обоснования теплогидравлических моделей существуют ряд неточностей, недостаточных обоснований и несоответствия, которые требуют доработки и устранения (стр. 107).

В общем, констатируется, что объем расчетных НФХ, представленный в материалах Заявителя, достаточен для анализа безопасности эксплуатации топлива ТВС-W в активной зоне реактора 3-го энергоблока ЮУАЭС (стр. 107-108).

Далее заключается, что все требования, предъявляемые к нейтронно-физическим характеристикам активной зоны в 21-й и 24-й кампаниях с учетом установленных ограничений, выполняются в полном объеме. Поверочные экспертные расчеты подтверждают этот вывод. Однако, отмечается, что при анализе самохода одиночного стержня ОР СУЗ рабочей группы имеется превышение установленного ограничения.

Далее для анализа безопасности смешанной активной зоны 3-го блока ЮУ АЭС при переходных процессах с изменением реактивности и распределения энерговыделения (4.2.7.4, стр. 109) установлено экспертами ГНТЦ ЯРБ, что

- изложение использованной методологии моделирования этих событий недостаточно,
- использованная модель неадекватна для анализа рассмотренных ИС,
- сделать вывод относительно безопасности активной зоны с перегрузочной партией ТВС-W в этих ИС на основании результатов, приведенных Заявителем, не представляется возможным.

Оценка:

После приведенных замечаний не совсем понятен следующий вывод о «выполнении требований в полном объеме» (/1/, стр. 108, 1, абзац). «Поверочные экспертные расчеты подтверждают этот вывод.»

Требование дополнительных ограничений по плотности энерговыделения или мощности реактора должно быть сформулировано более четко и отмечено как одно из условий для разрешения эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W в энергоблоке № 3 ЮУ АЭС.

Далее следовало бы сформулировать конкретное требование, учитывающее, что при анализе радиационной нагрузки корпуса реактора устанавливается повышение на 5-10%, что требует анализа влияния на ресурс корпуса и учета при компоновке активной зоны энергоблока №3 ЮУ АЭС с использованием топлива ТВС-W. В отчет/1/ только констатируется, что это существует. Следовало бы требовать соответствующий анализ. Кроме того, не рассмотрен вопрос влияния радиационной нагрузки на внутриреакторные устройства и стержни органов регулирования.

Требуется корректировка отмеченных неточностей и недоработок.

Со следующим согласны (/1/, стр. 108, 3. абзац):



«На этом основании считаем, что решение о переводе кассет ТВС-W в промышленную эксплуатацию возможно только после окончания кампании №26, когда будет годовой опыт работы активной зоны только с топливом производства Вестингауз.»

Все выводы и заключения экспертов ГНТЦ ЯРБ (/1/, п. 4.2.7.4, стр 109) являются обоснованными и подтверждаются результатами собственного расчетного анализа. Расчеты были проведены с помощью современных расчетных программ и верифицированных и валидированных моделей.

Условия и требования рекомендуется сформулировать более четко: Или критерии оценки безопасности выполняются или предусмотренная загрузка нереализуема с точки зрения выполнения требований по немецкому подходу.

Расхождение в заключениях о выполнении критериев оценки безопасности ещё раз показывает необходимость адекватного моделирования на основе современных методов и верифицированных и валидированных расчетных программ

Теплогидравлический и вероятностный анализ (/1/, 4.3., стр. 110)

Предмет

В этом разделе рассматриваются материалы Заявителя, связанные с анализами по следующим направлениям:

- применимость используемых кодов для моделирования теплогидравлических процессов,
- теплогидравлический анализ смешанных активных зон в стационарных режимах нормальной эксплуатации,
- обоснованности и достаточности перечня исходных событий,
- корректность определения критериев приемлемости,
- корректности и консервативности начальных и граничных условий для теплогидравлических анализов,
- анализ результатов расчетов теплогидравлических процессов активной зоны с перегрузочной партии ТВС-W,
- формулировка выводов по данному направлению обоснования безопасности.

Ниже приведем основные результаты анализа экспертов ГНТЦ ЯРБ и соответствующие примечания и замечания.

Оценка применимости используемых расчетных кодов для моделирования теплогидравлических процессов в активной зоне реактора блока № 3 ЮУ АЭС проводилась экспертами ГНТЦ в отчете /1/, п.4.3.1 (стр. 110-111).

В отчет /1/ отмечается, что используемые в расчетных кодах LOFTRAN, FACTRAN, VIPRE-W методологии являются апробированными компанией «Вестингауз» при выполнении обоснований безопасности. Все применяемые программы аттестованы КЯР США, что подтверждено соответствующими согласующими документами.

Далее устанавливается, что требования украинских нормативных документов и рекомендации МАГАТЭ по использованию при анализе безопасности аттестованных расчетных кодов выполняются.

Как показывает дальнейшее изложение отчета /1/ в разделе о теплогидравлическом анализе, эксперты ГНТЦ ЯРБ сами приходят к выводу, что текст описания отчетов, представленных Заявителем, является недостаточно полным и часто понимается неоднозначно (/1/, стр. 111. п. 4.3.2.1, 2. абзац).



В следующем пункте оцениваются результаты теплогидравлического анализа смешанных активных зон в стационарных режимах нормальной эксплуатации (/1/, 4.3.2, стр. 111). В разделе экспертами прокомментированы результаты анализа Заявителя:

- теплогидравлические характеристики ТВС и смешанных активных зон, содержащих сборки ТВС-М, ТВС-А и ТВС-В,
- представление методов и результатов проведения оценки выполнения теплогидравлических критериев ЯРБ
- обоснование теплогидравлической и теплотехнической надежности и безопасности эксплуатации смешанных активных зон 21-24 топливных загрузок энергоблока №3 ЮУ АЭС при НЭ и ННЭ РУ.

Однако, в отчете /1/ экспертами ГНТЦ ЯРБ отмечено, что описание является не достаточно полным и часто понимается неоднозначно. Требуется дополнительная информация для оценки выполнения требований экспертами ГНТЦ. Это требует дополнения и устранения замечаний. В п.4.3.2.2, стр. 112 требуется:

«При этом обеспечить доступность и прослеживаемость представленной информации от выводов к расчетам и далее к исходным данным»

Эксперты ГНТЦ проводят анализ обоснованности и достаточности перечня исходных событий и корректность определения критериев приемлемости в п. 4.3.3. (/1/, стр. 112). В разделе в соответствии с украинскими правилами, нормами и стандартами по ЯРБ рассматриваются обоснованность и полнота перечня событий, которые должны были анализированы для обоснования выполнения требований по ЯРБ в части теплогидравлического проектирования, а также соответствующие критерии выполнения этих требований для условий нормальной эксплуатации (НЭ), нарушения нормальной эксплуатации (ННЭ) и проектных аварий (ПА).

Констатируется достаточность для обоснования использования перегрузочной партии ТВС на блоке № 3 ЮУ АЭС.

Далее обсуждается формирование перечня критериев приемлемости (/1/, п. 4.3.3.3, стр. 114). Констатируется обоснованность приведенных критериев.

Допускается кризис теплоотдачи (п.4.3.3.4, стр. 114) в условиях ННЭ для ограниченного количества твэлов.

Коррозия оболочки твэла рассматривается в п.4.3.3.5, стр. 114-115, отчета /1/.

Устанавливается необходимость более понятного представления соотношения критериев из НД с критериями из отчета об обоснования ЯРБ, книга 1 /14/. Требуется дополнительный анализ их выполнение при ННЭ и ПА.

В дальнейшем экспертами ГНТЦ констатируются ряд других неточностей и несоответствий с Нормативными документами (например п.4.3.3.6, стр 116: замечание экспертов, требующее исправления текста по путанице в тексте ТОБа, книга 1 /14/).

В пп. 4.3.3.7 (стр. 116) - 4.3.3.8 отмечается упущение одного критерия выполнения требований по ЯРБ, важного для радиологической безопасности:

« ... При анализе аварий с течами из первого контура во второй, в частности, при отрыве крышки коллектора парогенератора эквивалентным диаметром 100 мм, кроме критерия по максимальной проектной границе повреждения твэл обычно используется также критерий приемлемости по эквивалентным индивидуальным дозам и давлению во втором контуре. Необходимо пояснить, почему в данном анализе вышеуказанные критерии не используются. ... »



Замечания, касающиеся корректности и консервативности начальных и граничных условий для теплогидравлических анализов ИС (/1/, 4.3.4., стр. 116)

Экспертами ГНТЦ ЯРБ констатируется, что, в целом, формирование начальных и граничных условий для теплогидравлических анализов ИС удовлетворяет требования украинских нормативных документов и соответствует международной практике выполнения анализа проектных аварий.

Однако в отдельных случаях отмечается несоответствие приведенных значений некоторых параметров принятым подходам.

Отмечается, что при определении этих данных использовались неактуальные документы, не соответствующие текущему состоянию 3. блока ЮУ АЭС (п.4.3.4.2, стр. 116-117).

Устанавливается отсутствие ряда другой количественной информации по граничным и начальным условиям анализа ННЭ и ПА, которая необходима для обоснованного заключения. Например, в /1/ п. 4.3.4.6, стр. 118 констатируется:

«Граничные условия для расчетного анализа представлены в виде перечня уставок срабатывания защит и сигналов работы систем и оборудования энергоблока, с указанием принятых предположений и допущений. Для многих расчетных анализов информативность приведенного объема граничных условий не позволяет полноценно оценить общую картину протекания аварийных сценариев.»

В п. 4.3.5. (/1/, стр. 118-119) эксперты ГНТЦ анализируют результаты расчетов, предъявленных Заявителем. Констатируется, что в целом представленный объем расчетных анализов достаточен для обоснования безопасной эксплуатации перегрузочных партий ТВС компании «Вестингауз» в составе активной зоны энергоблока №3 ЮУАЭС в режимах ННЭ и ПА.

В деталях, однако, отмечается несоответствие приведенных материалов принятым подходам и требованиям НД.

Далее отмечается в отчете /1/, стр. 119, п 4.3.5.2, что «Группа ИС "Нарушение условий нормальной эксплуатации с отказом аварийной защиты реактора" рассмотрена только на качественном уровне со ссылкой на результаты анализа проектных аварий энергоблока №5 ОП ЗАЭС, несмотря на то, что он был выполнен для топливных кассет типа ТВС-М.» В таких случаях требуется обоснования сопоставимости анализов для 5. блока ЗАЭС с требуемыми анализами для 3. блока ЮУ АЭС. На основе проведения поверочного расчетного анализа аварийного сценария вызванного ИС "Отключение ТГ от системы с отказом АЗ реактора" было установлено, что избранные критерии приемлемости не нарушаются.

В п. 4.3.5.3 (/1/, стр. 119) эксперты ГНТЦ ЯРБ заключают, что приведенный объем графических материалов не позволяет полноценно оценить общую картину протекания аварийных сценариев. Требуется предоставить результаты расчетного анализа в объеме, рекомендуемом НД.

Дается перечисление ключевых параметров, подлежащих анализу в соответствии с НД. Должно быть представлено разъяснение результатов с точки зрения соответствия заданным критериям приемлемости.

В п. 4.3.5.4 (/1/, стр. 120) указывается на то, что для многих расчетных анализов информативность приведенного объема хронологий не позволяет полноценно оценить общую картину протекания аварийных сценариев и что отсутствует обоснование для выбора условий, отказов и др. событий, влияющих на протекание процесса.

Приводятся ряд неточностей, несоответствия, как, например, п. 4.3.5.5, стр 120 («Приведенный график давления в 1 контуре не соответствует описанию сценария и приведенной хронологии»), и необоснованных допущений, как, например, 4.3.5.6, стр. 121: использование данных непилотного энергоблока №1 ХАЭС.



Поэтому эксперты ГНТЦ ЯРБ проводили (/1/, 4.3.5.7, стр. 121) поверочный расчетный анализ аварийного сценария вызванного ИС «Отрыв крышки коллектора ПГ, который показал соблюдение критериев приемлемости.

Далее констатируется ряд др. недоработок, неочностей и расхождений (например, п.4.3.5.8, стр. 121- 122). Отсутствует анализ параметров на протекание и последствия анализируемых ИС.

Общие выводы по направлению “Теплогидравлический и вероятностный анализ безопасности АЭС” приведены в п.4.3.6 (/1/, стр. 123-124). Было установлено, что

- используемые расчетные коды и заложенные в них методологии апробированы для обоснования безопасности внедрения в эксплуатацию новых видов ядерного топлива
- обосновывающие документы требуют доработки в части описания использованных расчетных кодов и их взаимодействия при моделировании различных процессов
- соответствующий раздел необходимо откорректировать с целью обеспечить доступность и прослеживаемость представленной информации от выводов к расчетам и далее к исходным данным,
- перечни рассмотренных ИС и принятые критерии приемлемости являются достаточными для обоснования безопасности эксплуатации смешанных активных зон с ТВС компании "Вестингауз" 21-24 топливных загрузок энергоблока №3 ЮУ АЭС по условиям охлаждения активной зоны реактора,
- в целом формирование начальных и граничных условий для теплогидравлических анализов ИС удовлетворяет требованиям, при условии дополнения отмеченной недостающей информацией,
- результаты теплогидравлических расчетов в части анализа проектных аварий подтверждают выполнение принятых критериев приемлемости при условии доработки в части полноты описания хронологии событий и графических материалов результатов расчетов.

Оценка

По данному направлению анализа ЯРБ очень детально, понятно и прослеживаемо, а также обосновано рассматриваются и оцениваются вопросы теплогидравлического анализа обоснования ЯРБ. Однако, по нашему мнению некоторые оценки не достаточно обосновано.

В отчете /1/, п. 4.3.1 заключение о приемлемости расчетных программ недостаточно обосновано. Не рассмотрен вопрос о верификации и валидации этих программ по отношению моделирования теплогидравлических процессов активных зон реакторов типа ВВЭР-1000.

Несмотря на приведенные доводы, которые указывают на аттестованность расчетных программ, не показано для каких областей применения и моделей: в анализах для ВВЭР-1000 требуется более подробного рассмотрения приемлемости кодов со стороны экспертов ГНТЦ (см. наш отчет /12/ по теплогидравлическим расчетным программам): не во всех случаях понятно изложено моделирование теплогидравлических процессов в активных зонах реакторов типа ВВЭР, отсутствует достаточная валидация и верификация кодов. В некоторых случаях вообще отсутствует информация о валидации (например, программа RELAP), что недопустимо.

С заключением украинских экспертов об обоснованности применения перечисленных расчетных кодов и моделей невозможно согласиться, потому что они не достаточно понятно, ясно и полно представлены в обосновывающих материалах и в отчете /1/ (см. также /12/).



Непонятно, почему сформулировано данное заключение, если в следующем предложении читаем (/1/, стр. 113, п.4.3.3.2, 2. и 3. абзацы):

« ... Вместе с тем, в соответствии с Украинскими нормативными требованиями [K10] и международными рекомендациями [K33 (МАГАТЭ)] в составе обоснования безопасности действующих энергоблоков (в ОАБ) анализ проектных аварий должен охватывать более широкий спектр категорий ИС и исходных состояний энергоблока, в частности:

- "Нарушения при обращении с топливом и радиоактивными отходами",
- анализ ИС, которые могут возникнуть во время расхолаживания РУ и на остановленном энергоблоке.

... необходимо отметить, что объем анализа в [Д2], [Д3] и [Д10] (отчеты Заявителя по обоснованию ЯРБ) не соответствует требованиям [K10] и рекомендациям [K33 МАГАТЭ].»

Здесь заключения противоречат друг другу: Или список рассмотренных событий удовлетворяет требованиям НТД или нет - В немецком понимании отчет по экспертизе завершается только после удовлетворения основных требований, т.е. при наличии всей информации, необходимой для проведения обоснованной, ясной и понятной экспертизы. Это значит, пока Заявитель не представил информацию в необходимом объеме никаких заключений не передавалось бы экспертами в Регулирующий орган. В порядке исключения, возможны формулировка дополнительных условий и определение ограничений в случае недостаточной информации, например, по актуальным эксплуатационным данным или др. не очень важной для экспертизы информации.

Материалы, представленные экспертам TÜV, недостаточны для обоснованного заключения по ЯРБ эксплуатации активной зоны с перегрузочной партией ТВС-W фирмы Вестингауз. Предположение, что специалисты компании Вестингауз делают свою работу не первый раз, не является достаточной основой для заключения по выполнению требований по ЯРБ. Это требует предъявления достаточно обоснованных, прослеживаемых результатов анализов в полном объеме, соответствующем требованиям НД для всех направлений анализа (см. /11/, и адекватное изложения в отчетах о выполненных экспертизах).

Исключения возможны только при согласии регулирующего органа и в связи с вопросами, не важными для обоснования ЯРБ, или с вопросами и аспектами обоснования, которые были уже раньше рассмотрены для аналогичных случаев и по которым есть достаточный опыт анализа. Это следует доказать.

Оценки по использованным критериям для анализов в /1/, п. 4.3.3 следовало сформулировать более четко. Заключение и требования, а также условия недостаточно прослеживаемы и узнаваемы, как таковые в данном изложении. Например, в /1/ 4.3.3.3 и 4.3.3.4 по обоснованию ограничения для количества твэлов, для которых допускается кризис теплообмена, рекомендуется потребовать ясного и обоснованного расчетного анализа данного критерия, если такой критерий для обоснования ЯРБ по украинским правилам, нормам и стандартам является не привычным.

В немецком подходе требуется, что при нормальной эксплуатации и нарушения НЭ не возникли условия для кризиса теплообмена (т.е. $DNBR=q(r)/q_{kr} > 1.02$ при учете неточности измерения плотности энерговыделения и расчета критической плотности энерговыделения). В аварийных условиях (LOCA) допускается ограниченное количества поврежденных твэлов, т.е. $DNBR \leq 1.02$. Соблюдение этого предельно допустимого значения должно быть показано для каждой загрузки до заключения и принятия решения регулирующим органом.

Также в п. 4.3.3.5, стр. 114-115 не достаточно ясно: Или заявителем проводился анализ с соответствующими результатами и выводами или нет. Данный пункт не четко



сформулирован. Требуется уточнения со стороны экспертов ГНТЦ ЯРБ: Что на самом деле сделано и какие вытекают заключения и выводы?

Требуется более четко сформулировать требование или установить, что все выполнено.

Представленная информация (4.3.3.6, 4.3.3.7, 4.3.3.8, S. 116) не полная в смысле удовлетворения требованиям в данном вопросе. Требуется доработка до завершения экспертизы!

В случаях отсутствия важной информации (п. 4.3.4, стр. 116) не возможно провести экспертизу ТОБа до предъявления полной информации по данным направлениям анализа.

В случаях использования данных других реакторных установок в анализах (п. 4.3.5, стр. 118-119) требуется анализ допустимости применения такого подхода и сопоставимости данных разных установок. Просто оставить это без обоснования не допустимо.

Невыполнение требований по ЯРБ требует, выше уже указано, других мероприятий.

Экспертами ГНТЦ правильно установлен ряд неточностей, необоснованных допущений и выводов. Приведенные примеры можно было продолжать.

В таких случаях приостанавливается процесс экспертизы до завершения доработки не достаточной информации, требуемой Нормативными Документами для представления Заявителем.

Если Регулирующий орган одобряет, можно и использовать результаты анализов, проведенных экспертами собственными расчетами. Это приемлемо в случаях, когда,

- во-первых, доказано, что новые ТВС по всем основным н.ф., теплогидравлическим, конструктивным и прочностным характеристикам совместимы с уже эксплуатируемыми ТВС, и,
- во-вторых, если доказано, что все основные критерии, требуемые соблюдать в режимах НЭ, ННЭ и ПА, не отличаются от предыдущих (короче не выходят за рамки лицензии по эксплуатации блока и РУ, а также действующих спецификациях и ТУ).

Поэтому экспертами ГНТЦ были проведены проверочные расчеты (/1/, 4.3.5.7, S. 121) для оценки ИС «Отрыв крышки коллектора ПГ», которые показали выполнение критерий приемлемости и требований по ЯРБ.

Далее установлен ряд недоработки, неточностей и расхождений (например, п.4.3.5.8, стр. 121- 122). Отсутствует анализ параметров для протекания и последствия анализируемого ИС.

В общем можно констатировать, что рассмотренные в экспертизе /1/ документы Заявителя требуют тщательной и обоснованной доработки и дополнения для того, чтобы можно было провести оценку выполнения всех требований ЯРБ по направлению теплогидравлического анализа.

Анализ прочности и надежности контсрукций ТВС-W (/1/, 4.4, стр. 124)

Предмет

Экспертами ГНТЦ ЯРБ констатируется, что модификации конструкции ТВС-W изменяют эксплуатационные характеристики ТВС и загрузки активной зоны. Заключается /1/, 4.4.2 (стр. 124), что конструктивные изменения привели к повышению поперечной жесткости, а замена материала ДР не влияет негативно на конструкционные и эксплуатационные качества ТВС.



Однако, в /1/, п.4.3.6.3, (правильный номер 4.4.2.3), стр. 125 констатируется отсутствие в ГП НАЭК «Энергоатом» и ГКЯРУ полного комплекта исходной (первичной) документации по механико-прочностным расчетам-обоснованиям конструкции ТВС-WB, что представляется недопустимым и указанный дефицит документации должен быть устранен.

Далее в отчете /1/ приводятся замечания, подтверждающие общее заключения большим количеством отдельных недоработок, неточностей и пробелов. В основном, это относится к тому, что приведенные данные и результаты по соблюдению эксплуатационных и др. требований по ЯРБ обоснованы в недостаточно полном объеме на основе расчетов и экспериментов или другими подтверждениями.

В /1/, п. 4.4.3, стр 125 заключается, что в обосновывающих документах представлена информация, подтверждающая работоспособность ТВС-WB во всех эксплуатационных режимах и соответствие ТВС-WB национальным нормам, правилам и стандартам по ЯРБ в части обеспечения прочности, ограниченной деформативности, устойчивости, долговечности конструкций ЯУ.

К содержанию материалов Заявителя имеется ряд локальных замечаний в части полноты, корректности, непротиворечивости, достаточности и обоснованности предоставленной информации.

Далее отсутствует классификация ТВС-W по сейсмостойкости (см. /1/, 4.4.4, стр. 125).

Требуется дополнение документов по обоснованию ЯРБ в части механико-прочностных расчетов для обоснования работоспособности и безопасности твэл и соответствия конструкции твэл требованиям и критериям (/1/, 4.4.5, стр 125-126).

Приведенные предельные нагрузки, при которых должна сохраняться работоспособность ТВС-W, требуется дополнить соответствующим обоснованием (4.4.6, стр. 126).

Примеры могут быть продолжены.

Оценка:

Модификации перегрузочных ТВС-W по сравнению с пилотными ТВС-W компании Вестингауз, представленные в п. 4.4.2 (/1/, стр.124), означают, что в данном контексте отсутствует всякий эксплуатационный опыт. Требуется, хотя бы, расчетный анализ на основе обоснованных моделей. Приведенная оценка влияния конструктивных изменений на эксплуатации ТВС-W недостаточно обоснована, если отсутствуют как расчетный анализ, так и соответствующий опыт эксплуатации. Только на основе соответствующих обосновывающих документов, которые должны быть предъявлены Заявителем, можно провести обоснованную оценку выполнения требований ЯРБ.

Заключение о ЯРБ в части прочностных и термомеханических характеристик возможно только после выполнения этого требования.

Однако, в /1/ (п. 4.4.12, стр. 127) читаем следующее:

«Информация в документе ГП НАЭК «Энергоатом» «Обоснование безопасности использования перегрузочной партии ТВС компании «Вестингауз» на энергоблоке № 3 ЮУАЭС. WEC-UNFQR-006-01 (Т). Редакция 1» «ОАБ» [Д2 или 14] и материалах-приложениях с учетом опытной эксплуатации ТВСВ LTA-1 на энергоблоке № 3 ЮУ АЭС (по направлению «Прочность и надежность конструкций ЯУ») подтверждает работоспособность и безопасность ТВСВ во всех эксплуатационных режимах. ТВСВ соответствует требованиям национальных норм, правил и стандартов по ЯРБ в части обеспечения прочности, ограниченной деформативности, устойчивости, долговечности конструкций ЯУ ... »



Если констатируются ряд неточностей, необоснованной информации или отсутствие информации о механических характеристик и о соблюдении требований, то невозможно заключение о соответствии с требованиями и выполнении всех критериев ЯРБ. Такое заключение в общем было бы приемлемо ввиду сделанных замечаний, если было бы сформулировано соответствующие условия и требования: Например, приемлемо, если соответствующим образом устраняются замечания о несоответствии требованиям до начала загрузки перегрузочной партии ...

Неполная информация или отсутствие информации о прочностных и термомеханических характеристиках и моделях, использованных Заявителем просто не дает возможность провести оценку правильности обоснования, полноты, и соответствия результатов и характеристик с требованиями безопасной эксплуатации РУ.

Радиационная безопасность (4.5, стр. 127)

Предмет

По данному направлению анализа в /1/, 4.5.1, стр. 127-129 устанавливается, что в обосновывающих материалах Заявителя « ... не рассмотрены радиационные аспекты перехода на топливо ТВС-W. Рассмотрение этих аспектов важно, так как в основе расчетов практически всех радиационных параметров, характеризующих безопасность энергоблока, лежит активность теплоносителя, которая в свою очередь зависит от свойств топливной таблетки (гранулометрический состав, пористость, коэффициенты расширения и т.д), величины газового зазора, давления газа внутри твэла ... »

Представлены основные требования и критерии, которые должны быть выполнены.

Как и в других разделах требуются доработки и, вообще, рассмотрение материалов по обоснованию ЯРБ и критерии оценки в части радиационной безопасности.

Оценка:

Правильное рассмотрение вопроса радиационной безопасности. Заявитель обязан, хотя бы оценить влияние характеристик ТВС-W на показатели РБ, как это требуется НД. Требуется оценить инвентарь радиоактивных веществ, которые могут быть высвобождены в случае нарушения герметичности твэлов. Если количественные оценки не сильно отличаются от имеющихся данных (ТВС, которые уже эксплуатируются), следует указать на это. Представлена взаимосвязь между требованиями по РБ и другим критериям приемлемости, как, например, предельно допустимая глубина выгорания или плотности энерговыделения и прочностным характеристиками.

С приведенными выводами, заключением и условиями по радиационной безопасности согласены.

Общие выводы и рекомендации (/1/, 5., стр. 130)

Предмет

По результатам проведенных анализов эксперты ГНТЦ ЯРБ представлен обзор выводов и замечаний по следующим направлениям обоснования ЯРБ эксплуатации перегрузочной партии ТВС-WB компании Вестингауз:

- Ядерная безопасность и нейтронно-физический анализ (5.1, стр. 130)



- Теплогидравлический и вероятностный анализ безопасности АЭС (5.2, стр. 131)
- Прочность и надежность конструкций ЯУ (5.3, стр. 132)
- Радиационная безопасность (5.4, стр. 132)

Сформулированы условия и требования, необходимые выполнить для согласования обосновывающих материалов и принятия решения по опытно-промышленной эксплуатации ТВС-WB компании Вестингауз на энергоблоке № 3 ЮУ АЭС.

Рекомендуется на этой основе не согласовывать решение об опытно-промышленной эксплуатации ТВС-WB компании Вестингауз на энергоблоке № 3 ЮУ АЭС.

Оценка

В целом экспертами ГНТЦ представлены результаты, оценки и заключения детально, понятно и ясно.

Однако, в дальнейшем изложении отчета встречаются формулировки выводов и заключений по отдельным анализам, которые не соответствуют установленным результатам (например п. 5.1.1, стр. 130):

«Нейтронно-физические характеристики активной зоны реактора 3-го энергоблока ЮУАЭС в 21-й ÷24-й кампаниях с учетом установленных ограничений для топлива производства России ... и Вестингауз выполняют в полном объеме ... »

Это не соответствует результатам анализа раздела 4.2, в которых определено превышение предельно допустимого значения плотности энерговыделения.

В п. 5.3 «Прочность и надежность конструкций ЯУ» (1/1, стр. 132) утверждается:

« ... Конструкция ТВС-W перегрузочной партии обеспечивает ее безопасную эксплуатацию в смешанной загрузке активной зоны энергоблока №3 ЮУ АЭС во всех эксплуатационных режимах и соответствует требованиям национальных норм, правил и стандартов по ЯРБ в части обеспечения прочности, ограниченной деформативности, устойчивости, долговечности конструкций ЯУ ... Имеющийся ряд замечаний к содержанию ОАБ (см. пп. 4.4.2÷4.4.11) относится к полноте, корректности, непротиворечивости, достаточности и обоснованности предоставленной информации. Они не влияют на возможность эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W и могут быть устранены в сроки, установленные Госатомрегулирования Украины ... »

Ввиду изложения результатов анализа в разделе 4.4 такое утверждение не может считаться обоснованным

Недостаточные объемы анализов и расчетов или использование необоснованных методов анализа отчасти компенсировались проверочными расчетами и анализами экспертов ГНТЦ по независимым собственным методам и расчетным программам (п. 5.3, стр. 132). Если такой подход согласован с Регулирующим органом, то это приемлемо, но требует соответствующего обоснования использованных методов и расчетных программ.

Может быть экспертам TÜV были представлены не все материалы по обоснованию ЯРБ: В целом можем подтвердить заключение о том, что обоснованная оценка выполнения всех требований не возможно, пока недоработаны все недостатки, не дополнена информация о конструкции, материалах и моделях, использованных при анализе и обосновании ЯРБ для эксплуатации ТВС-W в активной зоне блока № 3 ЮУ АЭС.



Заключение и выводы

В целом рассмотрение отчета /1/ показало, что экспертами были проведены все необходимые анализы для экспертизы материала Заявителя по выполнению требований обеспечения ЯРБ при эксплуатации перегрузочной партии ТВС-WB компании Вестингауз в активной зоне 3. энергоблока ЮУ АЭС. В отчете /1/ все описания и анализы представлены достаточно подробно и информативно. Заключение и выводы экспертов ГНТЦ ЯРБ являются обоснованными и прослеживаемыми.

В отдельных вопросах установлены замечания по заключениям и выводам отчета /1/.

В заключении по проекту «Отчета о выполнении государственной экспертизы ядерной и радиационной безопасности, дек. 2009г, представленном экспертами ГНТЦ Я&РБ можно констатировать следующее:

- в целом, все необходимые для оценки безопасности вопросы были рассмотрены в отчете по экспертизе,
- было установлено большое количество неточностей, непонятных и не прослеживаемых заключений и выводов, неполных или непонятных описаний методов и расчетных программ, которые требуют основательной доработки,
- было установлено, что взаимосвязь представленного материала (например, анализы прочности ТВС, загружаемых в акт. зону АЭС Темелин) с обоснованием ЯРБ эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W на 3. блоке ЮУ АЭС не всегда очевидна и понятна,
- было установлено, что методы и коды, использованные для анализов и обоснования ЯРБ эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W, не всегда соответствуют современным уровням знаний, науки и техники или непонятны из-за несоответствующего описания,
- благодаря независимым анализам и расчетам, проведенным по верифицированным и валидированным методам и расчетным кодам, часть отсутствующих или неполных анализов и материала, не представленного заявителем, была проведена и уточнена экспертами ГНТЦ (например, выброс единичного органа регулирования, оценка накопленного флюенса быстрых нейтронов на корпус реактора),
- в некоторых частях было установлено просто отсутствие анализа и материала, показывающего выполнение требований по ЯРБ (как например, выполнение требований по радиологической и радиационной безопасности при эксплуатации перегрузочной партии ТВС-W Вестингауз),
- было установлено, что в этих случаях требуется дополнение и доработка представленного материала до принятия решения о возможности использования перегрузочной партии ТВС-W компании Вестингауз.

Рассмотрение отчета по экспертизе экспертами TÜV SÜD на основе требований немецких правил, норм и стандартов ЯРБ (как, например, стандарты ядерной и радиационной безопасности КТА) подтверждают выше приведенные выводы и заключения. В некоторых местах требовалось бы просто переформулирование отчетов и изложенного материала на основе новых расчетных анализов (например, изменение загрузки для того, чтобы выполнить требование по максимально допустимому значению плотности энерговыделения).

Таких примеров в изложении приводится большое количество. В немецкой практике рассмотрения материала по загрузке активной зоны и использования новых ТВС такие материалы следовало бы доработать в соответствии с требованиями правил, норм и стандартов ЯРБ.

Рекомендация (/1/, стр. 133) по непринятию решения об опытно-промышленной эксплуатации ТВС-W компании "Вестингауз" на энергоблоке №3 ОП ЮУ АЭС" до



Industrie Service

получения дополнительных материалов является обоснованной и соответствует состоянию
предъявленных обосновывающих материалов.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie und Technologie
Westendstr. 100
80686 München

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Hero'.

Rainer Hero