

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
И АТОМНОМУ НАДЗОРУ
(РОСТЕХНАДЗОР)

Федеральное бюджетное учреждение
«Научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности»
(ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

ТРУДЫ НТЦ ЯРБ

А. М. Букринский

БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ НОРМАМ И ПРАВИЛАМ РОССИИ И СТАНДАРТАМ МАГАТЭ

(Сравнение основных принципов
и требований по обеспечению безопасности)

Третье обновленное издание

**Москва
ФБУ «НТЦ ЯРБ»
2019**

Р е ц е н з е н т ы:
член-корреспондент РАН, проф. В. А. Сидоренко,
заслуженный деятель науки РФ, проф. Б. Г. Гордон

УДК 621.039
ББК 31.4
Б 90

Безопасность атомных станций по федеральным нормам и правилам России и стандартам МАГАТЭ (Сравнение основных принципов и требований по обеспечению безопасности). / Третье обновленное издание / Труды НТЦ ЯРБ. – М.: НТЦ ЯРБ, 2019. – 196 с.: ил.

В настоящем третьем издании обновлено сравнение российских требований по обеспечению безопасности атомных электростанций со стандартами МАГАТЭ, регламентирующими требования для атомных станций по проектированию и эксплуатации, в связи с тем, что в 2015 г. были обновлены общие положения обеспечения безопасности атомных станций, а в 2016 г. были также обновлены стандарты SSR-2/1 и SSR-2/2, с которыми производится сравнение.

Назначением выполненного сравнения является облегчить восприятие российской концепции безопасности АС и имеющихся различий со стандартами МАГАТЭ российскими и зарубежными специалистами, связанными со строительством и эксплуатацией атомных станций по российским технологиям, поскольку представляется, что ни одна национальная система нормирования не может быть полностью гармонизирована со стандартами МАГАТЭ, представляющими собой обобщенный и усредненный опыт всех стран, развивающих атомную энергетику

ISBN 978-5-907011-21-2

© Букринский А.М.
ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2019

Обращение к читателю

Глубокоуважаемый читатель! Вы держите в руках книгу, над которой Анатолий Матвеевич Букринский работал последние годы, прекрасно осознавая её значение и важность для российской атомной энергетики. Её первое издание вышло в серии «Труды НТЦ ЯРБ» ещё в 2007 году и сразу заняло своё особенное место на полках профессиональной литературы многих специалистов.

Пожалуй, только А.М. Букринский, единственный в нашей стране, мог поставить и решить задачу, как сопоставить между собой зафиксированные в российском законодательстве и рекомендациях МАГАТЭ основные принципы безопасности и требования по её обеспечению. Для этого нужно было обладать одновременно тремя специфическими качествами: детально знать отечественную нормативную базу и участвовать в её совершенствовании, постоянно отслеживать изменения в системе стандартов МАГАТЭ и активно влиять на эти изменения, а также изучить язык настолько, чтобы самостоятельно и уверенно трактовать английские тексты.

Анатолий Матвеевич ещё в бытность работы во Всероссийском теплотехническом институте им. Ф.Э. Дзержинского приобрёл заслуженную репутацию идеолога безопасности атомных станций, одного из авторитетнейших специалистов в этой сфере, неременного участника и своеобразного мотора в постоянном коллективе авторов-создателей основополагающего документа: «Общие положения обеспечения безопасности АС», который пересматривался и совершенствовался по мере накопления опыта обеспечения и обоснования безопасности АС. Когда же образовался НТЦ ЯРБ, то все нормативные документы, касающиеся атомных станций, стали проходить через его руки, да и большинство документов для других объектов использования атомной энергии редактировалось в его отделе и отмечено печатью его влияния.

Не мудрено, что его часто приглашали в качестве эксперта для участия в различных мероприятиях МАГАТЭ и других международных

организаций, где он также стал одним из признанных авторитетов. Анатолий Матвеевич обладал уникальным составом знаний в атомной сфере, на котором покоились его смелость, принципиальность и бескомпромиссность. Он внимательно следил за всеми изменениями в международных документах, активно участвовал в их разработке, направлял тщательно обоснованные замечания на их проекты и твёрдо отстаивал свою позицию. Таким образом, он, занимая уникальное место среди российских специалистов в области использования атомной энергии, взял на себя труд сопоставления российских и международных документов, а также регулярного отслеживания их изменений.

Комментировать нормативные документы – это самый настоящий сизифов труд, так как предмет сравнения текуч и неуловим. Постоянно меняются и тексты самих документов, и структура национального законодательства, и международные требования, которым они стремятся соответствовать. Отечественные нормативы и международные рекомендации разрабатываются в разное время, в различной законодательной среде и разными коллективами специалистов, поэтому они несут в себе все черты несовершенной рукотворной деятельности. Так что с самого начала предполагались периодический пересмотр и переиздание текста книги. В 2012 году вышло её второе издание, в 2019 году подготовлено третье издание. Кончина Анатолия Матвеевича произошла в процессе редактирования, так что данная книга издана в авторской редакции.

Она, прежде всего, обращена ко всем работникам атомной отрасли, проектантам, конструкторам, эксплуатантам, желающим разобраться в становлении и содержании отечественного и международного ядерного законодательства, в российской системе норм, правил и других документов. Особенно она полезна тем из них, кто занимается проектированием, сооружением и подготовкой к эксплуатации ядерных объектов в странах-новичках, где возводятся объекты российской конструкции и где требования к ним формируются в национальных нормативных документах с учётом как российской нормативной базы, так и стандартов МАГАТЭ.

Разумеется, книгу можно рекомендовать специалистам органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии, которые могут применять её как учебное пособие для расширения кругозора, как комментарий к повседневной практике и напутствие на будущее.

Она представляет несомненный интерес для студентов, аспирантов и других молодых людей при обучении и повышении квалификации, так как раскрывает происхождение и проявляет причины многих существующих особенностей нормативного регулирования в нашей стране. И совершенно необходима данная книга тем, кто собирается участвовать в мероприятиях МАГАТЭ и других международных организаций, различных миссиях и проверках, так как содержит актуальную информацию по гармонизации идеологических принципов, концепций и критериев, установленных или обоснованных в ней.

Эта книга важна ещё и тем, что позволяет адекватно оценить полноту и системность российской нормативной базы и не разделять иллюзий о превосходстве международных стандартов. Из неё хорошо видно, что обе системы, безусловно, совершенствуются, взаимно влияя друг на друга. И трудно представить, что в ближайшее время кто-либо смог бы проводить или продолжать исследования, лежащие в основе данной книги.

Всем известно общее мнение, что, мол, у нас незаменимых нет. Оно имеет право на существование не меньше, чем обратное общее место: каждый человек незаменим. Последнее утверждение представляется более содержательным, так как по количеству людей, ощущающих утрату, можно судить о значении человека после его смерти. Как сказано было: «Предвестьем льгот приходит гений и гнётом мстит за свой уход».

Б. Г. Гордон

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ	15
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	17
ВВЕДЕНИЕ	18
1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	24
1.1 Авария	25
1.2 Аварийные состояния	26
1.3 Активная система (элемент)	26
1.4 Безопасность АС, ядерная и радиационная	27
1.5 Безопасное состояние	28
1.6 Внутренняя самозащищенность РУ	28
1.7 Исходное событие	29
1.8 Квалификация, аттестация, проверка	29
1.9 Пассивная система (элемент)	30
1.10 Подконтрольное состояние	30
1.11 Принцип безопасного отказа	31
1.12 Проектная авария	31
1.13 Системы безопасности	32
1.14 Системы (элементы), важные для безопасности	33
1.15 Состояния расширенного проекта (Design extension conditions)	34
1.16 Состояния станции	35
1.17 Средства безопасности для состояний расширенного проекта	36
1.18 Уставки систем безопасности	36
1.19 Функция безопасности	37

1.20 Эксплуатация с отклонениями	37
1.21 Элементы	38
2. ЦЕЛИ И ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ	43
2.1. Цель безопасности	43
2.2. Принцип 1. Ответственность за безопасность	45
2.3. Принцип 3. Лидерство и управление в целях безопасности	45
2.4. Принцип 5. Оптимизация защиты	46
2.5. Принцип 6. Ограничение рисков для отдельных лиц	47
2.6. Принцип 7. Защита настоящего и будущего поколений	47
2.7. Принцип 8. Предотвращение аварий	47
2.8. Принцип 9. Аварийная готовность и реагирование	48
3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АС В ПРОЕКТЕ (стандарт SSR-2/1 (Rev. 1))	50
3.1 Концепции безопасности	50
3.1.1. Радиационная защита	50
3.1.2. Безопасность в проекте	51
3.1.3. Концепция глубокоэшелонированной защиты	55
3.1.4. Поддержка комплексности проекта станции на протяжении всего срока её службы	59
3.2. Решение вопросов безопасности в проекте	61
<i>Требование 1. Ответственность за решение вопросов безопасности в проекте станции</i>	61
<i>Требование 2. Система организации работ по проектированию станции</i>	62
<i>Требование 3. Безопасность станции в проекте на</i>	63

протяжении всего срока её службы

3.3. Основные технические требования	63
<i>Требование 4. Фундаментальные функции безопасности</i>	63
<i>Требование 5. Проект радиационной защиты</i>	67
<i>Требование 6. Проект атомной электростанции</i>	67
<i>Требование 7. Применение глубокоэшелонированной защиты</i>	68
<i>Требование 8. Связь безопасности с охранными мерами и гарантиями нераспространения</i>	69
<i>Требование 9. Апробированная инженерная практика</i>	69
<i>Требование 10. Оценка безопасности</i>	70
<i>Требование 11. Меры по обеспечению строительства</i>	70
<i>Требование 12. Меры по облегчению обращения с радиоактивными отходами и вывода станции из эксплуатации</i>	71
3.4. Общий проект станции	72
3.4.1. Проектные основы	72
<i>Требование 13. Категории состояний станции</i>	72
<i>Требование 14. Проектные основы устройств, важных для безопасности</i>	76
<i>Требование 15. Проектные пределы</i>	77
<i>Требование 16. Постулируемые исходные события</i>	78
<i>Требование 17. Внутренние и внешние опасности</i>	79
<i>Требование 18. Технические правила проектирования</i>	80
<i>Требование 19. Проектные аварии</i>	81
<i>Требование 20. Состояния расширенного проекта</i>	82
<i>Требование 21. Физическое разделение и независимость систем безопасности</i>	84

<i>Требование 22. Классификация в целях безопасности</i>	85
<i>Требование 23. Надежность устройств, важных для безопасности</i>	89
<i>Требование 24. Отказы по общим причинам</i>	89
<i>Требование 25. Критерий единичного отказа</i>	90
<i>Требование 26. Проектирование безопасных отказов</i>	92
<i>Требование 27. Обеспечивающие сервисные системы</i>	93
<i>Требование 28. Пределы и условия для безопасной эксплуатации</i>	94
3.4.2. Проект для безопасной эксплуатации в течение всего срока службы станции	95
<i>Требование 29. Калибровка, испытание, техническое обслуживание, ремонт, замена, инспекции и контроль устройств, важных для безопасности</i>	95
<i>Требование 30. Проверка устройств, важных для безопасности</i>	97
<i>Требование 31. Управление старением</i>	97
3.4.3. Человеческие факторы	98
<i>Требование 32. Обеспечение в проекте оптимальной работы оператора</i>	98
3.4.4. Другие вопросы проекта	99
<i>Требование 33. Системы и средства безопасности для состояний расширенного проекта на энергоблоках многоблочных АС</i>	99
<i>Требование 34. Системы, содержащие расщепляющийся или радиоактивный материал</i>	100
<i>Требование 35. АС, используемые для производства тепла и мощности, для производства тепла или опреснения воды</i>	101
<i>Требование 36. Пути эвакуации со станции</i>	101
<i>Требование 37. Системы связи на станции</i>	101

<i>Требование 38. Контроль доступа на станцию</i>	102
<i>Требование 39. Предотвращение несанкционированного доступа к устройствам, важным для безопасности, или воздействия на них</i>	103
<i>Требование 40. Предотвращение вредных взаимодействий систем, важных для безопасности</i>	103
<i>Требование 41. Взаимодействие между электрической сетью и станцией</i>	104
3.4.5. Анализ безопасности	104
<i>Требование 42. Анализ безопасности в проекте станции</i>	104
3.5. Проектирование конкретных систем станции	106
3.5.1. Активная зона и связанные устройства	106
<i>Требование 43. Работа топливных элементов и сборок</i>	106
<i>Требование 44. Конструкционная способность активной зоны реактора</i>	107
<i>Требование 45. Управление активной зоной реактора</i>	108
<i>Требование 46. Остановка реактора</i>	111
3.5.2. Система теплоносителя реактора	113
<i>Требование 47. Проект системы теплоносителя реактора</i>	113
<i>Требование 48. Защита границ контура теплоносителя реактора от превышения давления</i>	115
<i>Требование 49. Количество теплоносителя реактора</i>	115
<i>Требование 50. Очистка теплоносителя реактора</i>	116
<i>Требование 51. Отвод остаточного тепла от активной зоны</i>	116
<i>Требование 52. Аварийное охлаждение активной зоны</i>	117
<i>Требование 53. Передача тепла конечному поглотителю тепла</i>	117

3.5.3. Система защитной оболочки и её конструкция	118
<i>Требование 54. Система защитной оболочки реактора</i>	118
<i>Требование 55. Контроль над радиоактивными выбросами за пределы защитной оболочки</i>	121
<i>Требование 56. Изоляция защитной оболочки</i>	122
<i>Требование 57. Доступ в защитную оболочку</i>	125
<i>Требование 58. Удержание под контролем условий в защитной оболочке</i>	125
3.5.4. Контрольно-измерительные приборы и системы управления	127
<i>Требование 59. Обеспечение контрольно-измерительными приборами</i>	127
<i>Требование 60. Системы управления</i>	128
<i>Требование 61. Система защиты</i>	129
<i>Требование 62. Надежность и тестируемость контрольно-измерительных приборов и систем управления</i>	131
<i>Требование 63. Использование компьютеризированного оборудования в системах, важных для безопасности</i>	132
<i>Требование 64. Разделение систем защиты и систем управления</i>	133
<i>Требование 65. Блочный пункт управления</i>	133
<i>Требование 66. Резервный пункт управления</i>	134
<i>Требование 67. Средства аварийного реагирования на площадке</i>	135
3.5.5. Аварийное электроснабжение	135
<i>Требование 68. Проект для противостояния потере внешнего электроснабжения</i>	135
3.5.6. Обеспечивающие и вспомогательные системы	137

<i>Требование 69. Работа обеспечивающих и вспомогательных систем</i>	137
<i>Требование 70. Теплопередающие системы</i>	139
<i>Требование 71. Системы отбора проб в технологическом процессе и после аварии</i>	139
<i>Требование 72. Системы сжатого воздуха</i>	140
<i>Требование 73. Системы кондиционирования и вентиляции воздуха</i>	140
<i>Требование 74. Системы противопожарной защиты</i>	140
<i>Требование 75. Системы освещения</i>	141
<i>Требование 76. Подъемное оборудование</i>	141
3.5.7. Другие системы преобразования мощности	142
<i>Требование 77. Система снабжения паром, система питательной воды и турбогенераторы</i>	142
3.5.8. Обработка радиоактивных выделений и радиоактивных отходов	142
<i>Требование 78. Системы для обработки отходов и контроля над ними</i>	142
<i>Требование 79. Системы для обработки выделений и контроля над ними</i>	143
3.5.9. Системы обращения и хранения топлива	143
<i>Требование 80. Системы обращения с топливом и его хранения</i>	143
3.5.10. Радиационная защита	144
<i>Требование 81. Проектирование радиационной защиты</i>	144
<i>Требование 82. Средства радиационного контроля</i>	145
4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АС ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ (стандарт SSR-2/2 (Rev. 1))	146
4.1. Административное управление и организационная структура эксплуатирующей	146

организации	
<i>Требование 1. Ответственность эксплуатирующей организации</i>	146
<i>Требование 2. Система административного управления</i>	147
<i>Требование 3. Структура и функции эксплуатирующей организации</i>	149
<i>Требование 4. Комплектация эксплуатирующей организации персоналом</i>	150
4.2. Административное управление в целях эксплуатационной безопасности	152
<i>Требование 5. Политика в области безопасности</i>	152
<i>Требование 6. Пределы и условия для эксплуатации</i>	152
<i>Требование 7. Квалификация и обучение персонала</i>	155
<i>Требование 8. Исполнение деятельности, связанной с безопасностью</i>	156
<i>Требование 9. Контроль и обзоры безопасного исполнения работ</i>	157
<i>Требование 10. Контроль конфигурации станции</i>	158
<i>Требование 11. Управление модификациями</i>	159
<i>Требование 12. Периодические оценки безопасности</i>	160
<i>Требование 13. Проверка оборудования</i>	161
<i>Требование 14. Управление старением</i>	162
<i>Требование 15. Документация и отчетность</i>	163
<i>Требование 16. Программа продления срока эксплуатации</i>	163
4.3. Эксплуатационные программы безопасности	164
<i>Требование 17. Рассмотрение в программах безопасности целей защиты ядерной установки от злонамеренных действий</i>	164

<i>Требование 18. Аварийная готовность</i>	165
<i>Требование 19. Программа управления аварией</i>	167
<i>Требование 20. Радиационная защита</i>	168
<i>Требование 21. Обращение с радиоактивными отходами</i>	169
<i>Требование 22. Пожарная безопасность</i>	170
<i>Требование 23. Безопасность, не связанная с радиацией</i>	170
<i>Требование 24. Обратная связь с опытом эксплуатации</i>	171
4.4. Ввод станции в эксплуатацию	173
<i>Требование 25. Программа ввода станции в эксплуатацию</i>	173
4. 5. Эксплуатация станции	175
<i>Требование 26. Эксплуатационные процедуры</i>	175
<i>Требование 27. Пункты управления и их оборудование</i>	178
<i>Требование 28. Материальные условия и ведение хозяйства</i>	178
<i>Требование 29. Химическая программа</i>	179
<i>Требование 30. Обращение с активной зоной и топливом</i>	179
4.6. Техническое обслуживание, испытания, надзор и инспекции	180
<i>Требование 31. Программы технического обслуживания</i>	180
<i>Требование 32. Управление выводом из работы</i>	182
4.7. Подготовка к выводу из эксплуатации	183
<i>Требование 33. Подготовка к выводу из эксплуатации</i>	183
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	186
Литература	187

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Первое издание этой книги вышло в 2007 г. Это был период активной работы мирового ядерного сообщества над гармонизацией требований к обеспечению безопасности атомных электростанций, что было обусловлено процессами глобализации, происходившими во всех сферах жизни, в том числе в экономике и промышленности. Разными странами проводились сравнения национальных требований по обеспечению безопасности атомных электростанций и вырабатывались общие подходы.

Наиболее простой и эффективный путь решения задачи гармонизации требований к обеспечению безопасности – сравнение национальных требований по обеспечению безопасности атомных станций с требованиями МАГАТЭ, представленными в стандартах МАГАТЭ по безопасности, поскольку они обобщают весь накопленный международный опыт.

Такое сравнение было представлено в первом издании этой книги. Его назначением являлось совершенствование российской нормативной базы обеспечения безопасности атомных станций с учетом требований гармонизации. Для этого за основу были приняты два основных стандарта МАГАТЭ на уровне требований по атомным станциям, регламентирующих проектирование и эксплуатацию.

В результате сравнения были получены предложения по некоторым изменениям ОПБ-88/97 с целью их гармонизации с международными правилами. При этом были также учтены отчетные документы Ассоциации западноевропейских регуляторов ядерной безопасности (WENRA), начавшей работу по гармонизации требований по ядерной безопасности реакторов в 1999 г.

Однако указанные предложения не были реализованы, поскольку

еще не была завершена работа по обновлению российского законодательства в области использования атомной энергии, изменения в котором также должны были быть учтены в новом ОПБ АС.

В мае 2009 г. на интернет-сайте МАГАТЭ была опубликована структура новой серии стандартов МАГАТЭ по безопасности и с этого же года началась публикация стандартов этой серии.

В 2012 г. была завершена разработка новых стандартов МАГАТЭ SSR-2/1 и SSR-2/2, регламентирующих проектирование и эксплуатацию атомных станций, в связи с чем и возникла необходимость пересмотра выполненного ранее сравнения и подготовить второе издание книги.

На ее основании и с учетом опыта применения ОПБ-88/97, а также изменений в законодательстве Российской Федерации, были обновлены ОПБ АС и в 2015 г. утверждена их новая редакция НП-001-15.

Стандарты МАГАТЭ SSR-2/1 и SSR-2/2 в 2016 г. также были пересмотрены и опубликована их обновленная версия SSR-2/1 (Rev. 1) и SSR-2/2 (Rev. 1). Эти обновленные стандарты и были приняты за основу для сравнения в настоящем издании книги.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АС – атомная станция
АЭС – атомная электростанция
БПУ – блочный пункт управления
ВАБ – вероятностный анализ безопасности
ЗЛА – зона локализации аварии
КИПиУС – контрольно-измерительные приборы и управляющие системы
МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии
МКРЗ/ICRP – Международная комиссия по радиологической защите
НД – нормативный документ
ООБ АС – отчет по обоснованию безопасности атомной станции
ОПБ – общие положения обеспечения безопасности
ОЯТ – отработавшее ядерное топливо
РБ – руководство по безопасности
РПУ – резервный пункт управления
РУ – реакторная установка
ТПР – течь перед разрушением
УСБ – управляющие системы безопасности
УСНЭ – управляющие системы нормальной эксплуатации
ФНП – федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии
ALARA – принцип оптимизации в радиационной защите (as low as reasonably achievable настолько низко, насколько это достижимо на разумной основе)
ASP – предшественники аварий (Accident Sequence Precursor)
CDF – частота повреждения активной зоны (Core Damage Frequency)
INES – Международная шкала ядерных событий (International Nuclear Event Scale)
NRC – Комиссия по ядерному регулированию США (Nuclear Regulatory Commission)
SSS – серия стандартов по безопасности (Safety Standard Series)
WENRA – Ассоциация западноевропейских регуляторов ядерной безопасности (Western European Nuclear Regulator's Association).

ВВЕДЕНИЕ

Как отмечалось в предисловии к настоящему изданию, в мае 2009 г. на интернет-сайте МАГАТЭ была опубликована структура новой серии стандартов МАГАТЭ по безопасности и с этого же года началась публикация стандартов этой серии. Хотя название новой серии стандартов МАГАТЭ осталось прежним Safety Standard Series (серия стандартов по безопасности, сокращенно SSS), сами стандарты, их структура и шифры значительно изменились. Описание новой структуры стандартов МАГАТЭ было представлено в [1]. Они отражают наилучший опыт и практику стран, использующих атомную энергию, их разработка позволяет решить одну из главных задач поддержать формирование соответствующей национальной нормативной базы. Стандарты МАГАТЭ постоянно обновляются, совершенствуется их содержание и структура. Все еще действующая в настоящее время система стандартов прежней серии SSS начала разрабатываться в 1996 г. Основная цель этой разработки заключалась в том, чтобы на основе общего подхода охватить все виды установок и деятельности, поскольку в более ранних сериях стандарты для отдельных видов установок и деятельности разрабатывались, в известной мере, изолированно.

Для этого вместо существовавших раньше трех стандартов высшего уровня был разработан единый стандарт высшего уровня SF-1 [2], устанавливающий цели и основные принципы безопасности. Однако этот стандарт был издан только в 2006 г. К этому времени уже было разработано много других стандартов прежней серии SSS. Уже одного этого было достаточно для пересмотра этой серии. Вместе с тем, анализ выполненной разработки показал наличие возможностей дальнейшего совершенствования структуры стандартов и их содержания за счет объединения сходных или одинаковых требований и рекомендаций для

различных типов установок и видов деятельности и исключения пробелов. Теперь в структуре стандартов отдельные требования выделяются жирным шрифтом, а их наименования образуют разделы или подразделы. После формулировки каждого требования следует детализирующий и поясняющий текст. По своей структуре новые стандарты похожи на изданные в России в 2004 г. и в 2018 г. комментарии к ОПБ-88/97 [3] и их обновленной версии НП-001-15 [4]. В них требования тоже выделены другим шрифтом, а затем следует пояснительный текст комментария.

Еще до полного завершения разработки стандартов прежней серии SSS начался их пересмотр с существенным изменением структуры. Краткая информация об истории разработки стандартов МАГАТЭ и структура стандартов прежней серии SSS были представлены в первом издании настоящей книги [5]. В ней так же было дано сравнение двух основных стандартов МАГАТЭ для АС прежней серии NS-R-1 и NS-R-2, устанавливающих требования к проекту АС и к эксплуатации, с соответствующими российскими НД.

Структура стандартов МАГАТЭ новой серии представлена на рис.1. Стандарт SSR-2/2 [6], заменивший стандарт NS-R-2 был опубликован в 2011 г. Разработка нового стандарта SSR-2/1 [7], который заменил стандарт NS-R-1, также была завершена, и он был опубликован в феврале 2012 г. Поэтому с целью гармонизации российских норм и правил с международными стандартами необходимо было обновить выполненное ранее сравнение и провести его по отношению к новым стандартам SSR-2/1 [7] и SSR-2/2 [6], что и было сделано во втором издании книги.

На этой основе и с учетом опыта применения ОПБ-88/97 [8], а также изменений в законодательстве Российской Федерации, были обновлены ОПБ АС и в 2015 г. утверждена их новая редакция НП-001-15 [9].

Стандарты МАГАТЭ SSR-2/1 и SSR-2/2 в 2016 г. также были пересмотрены и опубликована их обновленная версия SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и SSR-2/2 (Rev. 1) [11]. Эти обновленные стандарты и были приняты за

основу для сравнения в настоящем издании книги, назначением которой теперь стало облегчить восприятие российской концепции безопасности АС и имеющихся различий со стандартами МАГАТЭ российскими и зарубежными специалистами, связанными со строительством и эксплуатацией атомных станций, разработанных по российским технологиям, поскольку представляется, что ни одна национальная система нормирования не может быть полностью гармонизирована со стандартами МАГАТЭ, представляющих собой обобщенный и усредненный опыт всех стран, развивающих атомную энергетику.

Основные принципы сравнения остались прежними, а именно:

1. Сравняются не формулировки требований, а их техническое существо. Рассматриваются все вопросы безопасности, затронутые в сравниваемых российских нормах и правилах или в стандартах МАГАТЭ.

2. Если какие-либо вопросы недостаточно освещены в основных документах, выбранных для сравнения, то привлекаются другие документы соответствующей системы норм и правил.

3. При выявлении различий в принципах или требованиях оценивается их влияние на безопасность АС.

Следует иметь в виду весьма существенное различие между двумя сравниваемыми системами НД. Основные принципы и положения ОПБ АС развиваются в ФНП следующего уровня аналогично тому, как положения стандартов МАГАТЭ на уровне требований конкретизируются и детализируются в руководствах по безопасности. Однако последние имеют статус рекомендаций, то есть допускают обоснованные альтернативные решения, в то время как второй уровень ФНП также относится к уровню требований и поэтому менее детализирован по сравнению с руководствами по безопасности и содержит только основные положения, оставляя проектировщикам и конструкторам определенную свободу для принятия оптимальных технических решений.

В системе российских норм и правил также имеются руководства по

безопасности, которые формируют третий уровень НД. Они принимаются и вводятся в действие регулирующим органом и имеют такой же статус, как и руководства по безопасности МАГАТЭ. В некоторых случаях российские руководства по безопасности также привлекаются к проведению сравнения.

Примечание: на рис. 1 использованы следующие сокращенные обозначения:

GSR – General Safety Requirement (Общие требования по безопасности);

GSG – General Safety Guide (Общее руководство по безопасности);

FCF – Fuel Cycle Facilities (Установки ядерного топливного цикла);

M/MA – Mining/Milling Activities (Деятельность по добыче и обработке руды);

NPP – Nuclear Power Plants (Атомные электростанции);

RR – Research Reactors (Исследовательские реакторы);

RS – Radiation Sources (Радиационные источники);

SSG – Specific Safety Guide (Конкретное руководство по безопасности);

SSR – Specific Safety Requirement (Конкретные требования по безопасности);

TRM – Transport of Radioactive Material (Транспортирование радиоактивных материалов);

WDF – Waste Disposal Facilities (Установки захоронения радиоактивных отходов).

А.М. Букринский.
 Безопасность атомных станций по федеральным нормам и правилам России
 и стандартам МАГАТЭ. (Сравнение основных принципов и требований
 по обеспечению безопасности)

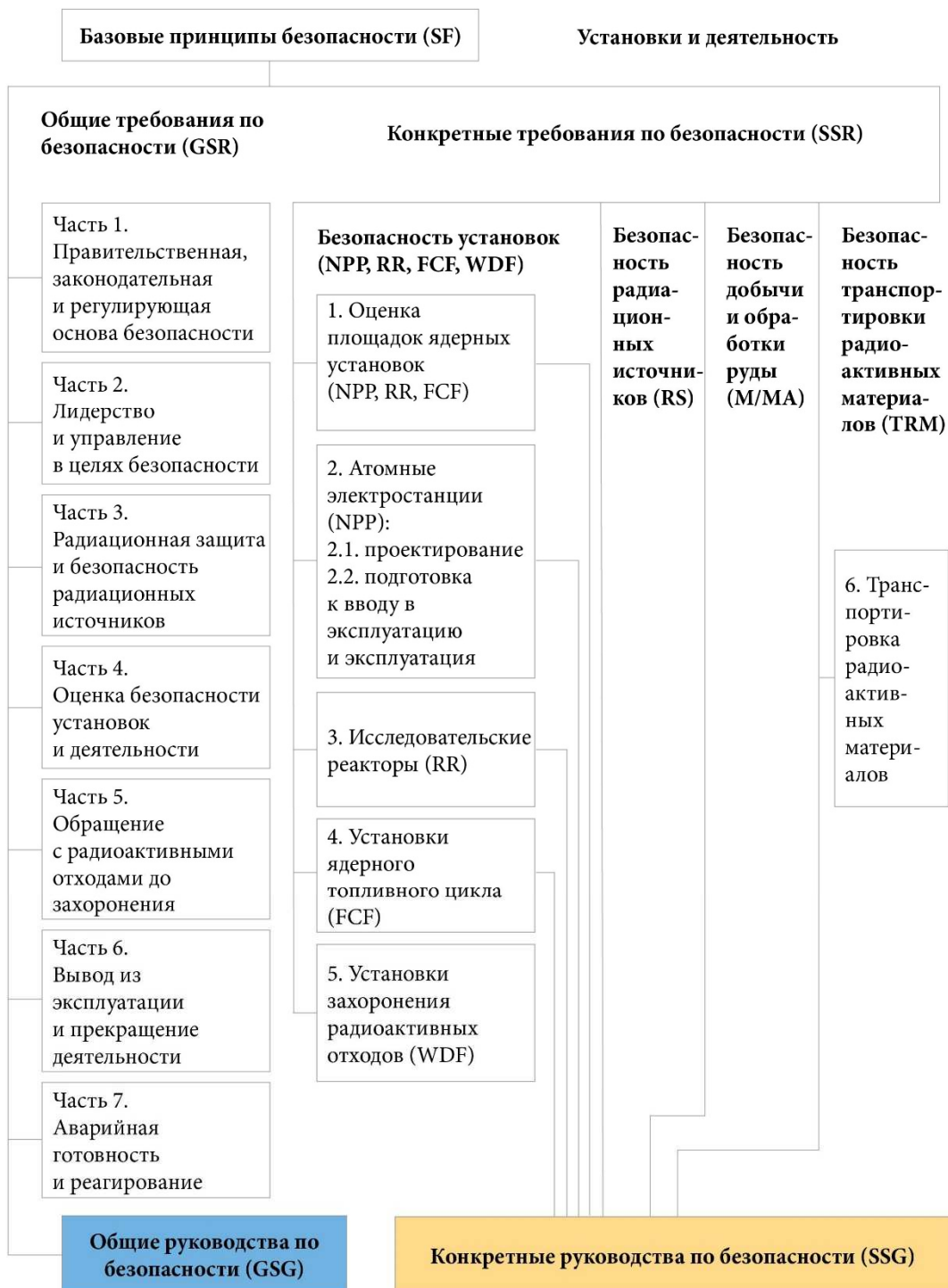


Рис. 1 Структура стандартов МАГАТЭ по безопасности

Настоящее сравнение, как отмечалось выше, предназначено для использования российскими и зарубежными специалистами, использующими российские технологии, которым необходимо уяснить, соответствуют ли российские нормы и правила новым стандартам МАГАТЭ, а также правильно учитывать в проектной и эксплуатационной документации имеющиеся различия.

Для удобства пользователей при установлении уровней детализации, за основу были приняты стандарты МАГАТЭ. Теперь их четыре: области, подобласти, проблемы и темы, которые почти во всех случаях соответствуют наименованиям глав, разделов и подразделов новых стандартов МАГАТЭ. Большую часть тем составляют требования по безопасности. Для удобства пользователей они выделены жирным шрифтом.

Как отмечалось выше, в первом сравнении учитывались отчетные документы по гармонизации требований по безопасности, разработанные по программе WENRA. Теперь в этом нет необходимости, так как новые стандарты МАГАТЭ учитывают результаты работы по этой программе.

В рассматриваемых стандартах МАГАТЭ речь, в основном, идет об атомных электростанциях, в то время как ОПБ АС ориентированы и на другие типы атомных станций (станции теплоснабжения и др.). Поэтому при сокращенных написаниях используется либо общий термин «станция», либо «АЭС», когда речь идет о стандартах МАГАТЭ, либо «АС», когда обсуждаются положения ОПБ АС. Однако для простоты восприятия основного текста настоящей книги все атомные станции (электрические или тепловые) обозначаются сокращенно «АС».

Определение и анализ различий требований и норм безопасности МАГАТЭ осуществлялся в отношении их оригинальных текстов на английском языке, поскольку с их переводами на русский язык несмотря на официальных характер существует проблема аутентичности оригинальным текстам. Более подробно эта тема рассмотрена ниже.

Итоги выполненного сравнения подведены в заключении, в котором сделан общий вывод о влиянии выявленных различий на безопасность.

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термины и определения составляют наиболее важную часть любого нормативного документа. Обычно они разрабатываются вместе с нормативным документом. При разработке системы нормативных документов необходимо, чтобы терминология была унифицированной. Однако это не всегда, или не вполне возможно. Поэтому всякая терминология привязана к документу, в котором она вводится и применяется.

Для установившихся систем нормативных документов могут разрабатываться отдельные документы по терминам и определениям. Тем не менее, в каждом нормативном документе могут быть особенности, которые так или иначе отражаются на терминологии.

В современных стандартах МАГАТЭ используются термины, содержащиеся в глоссарии МАГАТЭ [12], редакция которого была обновлена в 2016 г. с учетом изменений некоторых терминов при разработке новых стандартов. Исключение составляют случаи, когда возникает необходимость использовать новые термины, отсутствующие в указанном глоссарии, или измененные по сравнению с ним.

В российской системе нормативных документов по безопасности АС также существуют глоссарии. Однако они носят информационный характер, поэтому термины и определения вводятся в каждом нормативном документе. Согласно Правилам разработки ФНП, принятым Ростехнадзором, сейчас термины и определения приводятся в конце каждого нормативного документа в виде приложения.

В обеих системах нормативных документов не приводятся определения для терминов, которые являются общепринятыми и понятными.

Наиболее существенным при сравнении используемой терминологии является выявление различий в определениях некоторых терминов. Такие

различия имеются, и они представлены ниже по результатам выполненного сравнения.

В НП-001-15 [9] даны определения 100 терминам. В сравнениях 2007 и 2012 годов число терминов было меньше и для наиболее важных из них были даны сравнения в отдельном разделе, а все другие термины обсуждались по мере необходимости, в основном тексте.

Аналогичный подход представляется целесообразным применить и в настоящем сравнении.

1.1 Авария

В глоссарии МАГАТЭ определение этого термина, как и термина «аварийное состояние», дано в большей мере на качественном, чем на количественном уровне, в то время как в НП-001-15 [9] в определении аварии указаны четкие количественные границы для этого события: это выход радиоактивных веществ и/или ионизирующего излучения за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации границы в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации.

Такое определение аварии для АС принято потому, что здесь радиоактивные вещества и ионизирующее излучение, образующиеся в процессе работы АС, являются ее специфической особенностью и представляют собой основной вид опасности для персонала, населения и окружающей среды, от которой необходимо защищаться.

В глоссарии МАГАТЭ «аварийное состояние» определено как отклонение от нормальной эксплуатации, более тяжелое, чем «ожидаемые при эксплуатации события», в определении которых речь идет об отклонениях от нормальной эксплуатации, не приводящих к значительным повреждениям компонентов, важных для безопасности, или к аварийным состояниям, и которое может произойти хотя бы один раз за срок службы станции. При этом, радиационный характер последствий не упоминается.

Однако в определении термина «авария» в глоссарии МАГАТЭ радиационный характер последствий косвенно упоминается посредством использования термина «защита и безопасность», в определении которого сказано, что защита обеспечивается от радиационной опасности.

1.2 Аварийные состояния

Этот термин появился в разделе определений стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] как отличающийся от соответствующего термина глоссария МАГАТЭ до его обновления.

Отличие состояло в том, что эти состояния определены не только как более тяжелые, чем ожидаемые при эксплуатации события, но и как менее частые.

Кроме того, вместо прежнего термина «запроектные аварии» здесь использован введенный вместо него новый термин «состояния расширенного проекта». В НП-001-15 [9] термина «аварийные состояния» нет, так как он является производным от приведенного выше термина «авария».

1.3 Активная система (элемент)

В глоссарии МАГАТЭ ему соответствует термин «активный компонент», функционирование которого зависит от таких факторов, как активация, механическое движение или снабжение энергией. Здесь имеется несколько различий.

Во-первых, в глоссарии МАГАТЭ «компонент» определен просто как дискретный элемент системы, то есть это самое общее определение. Термин же «элемент» в НП-001-15 [9] имеет специальное определение, а поэтому не может полностью считаться эквивалентным термину «компонент».

Во-вторых, свойство активности в российских нормах и правилах

отнесено не только к элементу, но и к системе, в которую такой элемент входит.

В-третьих, в российских нормах и правилах, в отличие от стандартов МАГАТЭ, наличие механического перемещения не служит признаком активности. Все зависит от того, чем это перемещение вызвано - внешним источником энергии или энергией вызвавшего перемещение события. В последнем случае система (элемент) считается пассивной, так как в ней реализуется пассивный принцип действия.

1.4 Безопасность АС, ядерная и радиационная

В глоссарии МАГАТЭ приводятся определения для двух терминов «ядерная безопасность» и «радиационная защита» безотносительно к виду источника опасности. В российских НД, в том числе в НП-001-15 [9], когда речь идет о безопасности объекта, являющегося источником опасности, например, АС, она определяется как свойство этого объекта не создавать опасность для персонала, населения и окружающей среды или ограничивать эту опасность заданными рамками. Если же имеется ввиду безопасность того, кто подвергается опасности, то она определяется как состояние его защищенности.

В глоссарии МАГАТЭ термин «ядерная безопасность» определен как достижение соответствующих эксплуатационных состояний, предотвращение аварий и ослабление их последствий, обеспечивающее защиту персонала, населения и окружающей среды от недопустимой радиационной опасности, то есть это деятельность, формирующая свойство объекта быть безопасным. В этом смысле определения глоссария и НП-001-15 [9] можно считать эквивалентными. Радиационная защита в глоссарии МАГАТЭ определена как защита людей от ионизирующего излучения или радиоактивных веществ. То есть это тоже деятельность по достижению состояния защищенности, о которой говорится в российских

НД. При этом в глоссарии МАГАТЭ отмечается, что расширение понятия «радиационная защита» на окружающую среду является спорным.

Таким образом, рассматриваемые термины МАГАТЭ и российских НД коррелируют друг с другом с той лишь разницей, что в терминологии МАГАТЭ термин «безопасность», в том числе «радиационная безопасность», всегда связан с источником опасности, поэтому этот источник не упоминается в самом термине, а термин «радиационная защита» всегда связан с облучением людей.

В российских НД, регламентирующих защиту персонала, населения и окружающей среды от ионизирующего излучения, применяются оба термина «радиационная безопасность» и «радиационная защита».

1.5 Безопасное состояние

Этот термин включен в раздел определений стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], отличающихся от определений терминов глоссария МАГАТЭ. В глоссарии МАГАТЭ до его обновления такого термина не было. В обновленном глоссарии МАГАТЭ и в SSR-2/1 (Rev. 1) [10] он определен как состояние станции после ожидаемого эксплуатационного события или аварии, при котором реактор подкритичен, а выполнение основных функций безопасности обеспечено, и они стабильно поддерживаются в течение длительного времени.

В НП-001-15 [9] такого термина нет, так как он является производным от термина «безопасность АС», хотя в этом случае его трактовка будет более широкой, что представляется и более правильным.

1.6 Внутренняя самозащитенность РУ

Этот термин был введен в российскую нормативную практику под влиянием Основных принципов безопасности атомных электростанций

(INSAG-3), разработанных Международной консультативной группой по ядерной безопасности при Генеральном директоре МАГАТЭ в 1988 г., которые в дальнейшем были обновлены в докладе INSAG-12 [20]. Там он именуется «inherent safety». Однако ни в этих докладах, ни в стандартах МАГАТЭ, ни в глоссарии МАГАТЭ определение соответствующего эквивалентного термина не приводится. Он фигурирует лишь в основном тексте при изложении соответствующих принципов безопасности. При этом на русский язык он часто переводится дословно как «внутренне присущая безопасность».

1.7 Исходное событие

В глоссарии МАГАТЭ есть аналогичный термин, а также термин «постулированное исходное событие». В российских НД исходные события также постулируются при разработке проекта. Однако слово «постулированное» в наименовании термина не используется. Формулировки определений этих терминов в обеих системах НД различны, хотя их содержание одинаково.

1.8 Квалификация, аттестация, проверка

Эти термины требуют пояснения. В рассматриваемых стандартах МАГАТЭ используется термин «квалификация (qualification)» в отношении устройств или оборудования, означающий в соответствии с определением глоссария МАГАТЭ процесс определения пригодности для эксплуатации системы или компонента. Именно в таком смысле этот термин используется в требовании 30 стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

В России, в том числе и в российских ФНП, этот термин чаще всего используется в отношении уровня профессиональной подготовки персонала к выполнению порученной ему деятельности, хотя в Современном

энциклопедическом словаре имеется также определение этого термина как «характеристика предмета, явления, отнесение его к какой-либо категории».

В официальном переводе стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] на русский язык этот термин переведен как «аттестация». В российских ФНП термин «аттестация» для определения пригодности для эксплуатации системы или элемента также не используется, так как трактуется как проверка, завершающаяся выдачей юридического документа, как например в отношении программных средств (см. п. 1.2.9. НП-001-15 [9]).

Для целей определения пригодности для эксплуатации систем или элементов в НП-001-15 [9] используется термин «проверка», как, например, для обозначения соответствующей деятельности в требовании 3.1.14.

1.9 Пассивная система (элемент)

Здесь имеются такие же различия, как и для термина «активная система (элемент)». Поэтому по российской терминологии пассивные элементы могут содержать движущиеся части, как, например, обратный клапан.

1.10 Подконтрольное состояние

Это новый термин, определен в стандарте SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и в обновленной версии глоссария МАГАТЭ как состояние станции после ожидаемого эксплуатационного события или аварии, при котором обеспечено выполнение основных функций безопасности и которое может поддерживаться в течение времени, необходимого для реализации мер по переводу станции в безопасное состояние.

В НП-001-15 [9] такого термина нет, так как он является производным общего понятия «удерживать под контролем», а что удерживается под контролем, это уже предмет конкретного требования.

1.11 Принцип безопасного отказа

Такого термина в стандартах МАГАТЭ и в глоссарии МАГАТЭ нет. Однако в тексте стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] имеется требование применять по возможности в проекте для систем и компонентов, важных для безопасности, концепцию безопасного отказа так, чтобы их отказ или отказ обеспечивающих устройств не предотвращал выполнение предусмотренной функции безопасности. В предшественнике этого стандарта – стандарте МАГАТЭ NS-R-1 эта концепция именовалась принципом, а требование состояло в том, чтобы в случае такого отказа станция переходила в безопасное состояние без необходимости инициирования каких-либо действий. Именно так этот принцип был сформулирован в ОПБ-88/97 и эта формулировка сохранилась в обновленных НП-001-15 [9].

1.12 Проектная авария

Этот термин определен в стандарте SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и в новой редакции глоссария МАГАТЭ как авария, приводящая к аварийным состояниям, для которых предусмотрены средства в соответствии с установленными критериями и консервативной методологией и при которых выбросы радиоактивных веществ удерживаются в приемлемых пределах. По сравнению с прежним определением глоссария МАГАТЭ, здесь введено понятие «консервативная методология» и исключены слова «повреждение топлива», на которое было указано наряду с выбросами радиоактивных веществ, а вместо «разрешенных пределов» записано «приемлемых пределов». В глоссарии МАГАТЭ указано, что термин «разрешенные пределы» применяется по отношению к вероятным авариям, а термин «приемлемые пределы» по отношению к маловероятным, однако оба вида пределов устанавливаются регулирующим органом.

Определение проектной аварии в НП-001-15 [9] носит более конкретный характер, не связано с вероятностями, хотя по существу вполне соответствует рассмотренному определению МАГАТЭ.

1.13 Системы безопасности

Здесь имеется различие, заключающееся в том, что, согласно НП-001-15 [9], системы безопасности предназначены для выполнения функций безопасности при проектных авариях, а в глоссарии МАГАТЭ определено, что системы безопасности выполняют следующие конкретные задачи: безопасная остановка реактора, отвод остаточного тепловыделения и ограничение последствий ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий.

Нечеткость последнего определения представляется очевидной, поскольку почти все такие же задачи решаются и системами нормальной эксплуатации.

Здесь есть еще одно отличие. Согласно определению систем безопасности, данному в НП-001-15 [9], они включают четыре типа систем по характеру выполняемых ими функций: защитные, локализирующие, обеспечивающие и управляющие системы безопасности. В определениях глоссария МАГАТЭ выделены только три типа систем. Защитные и локализирующие системы, согласно НП-001-15 [9], в глоссарии МАГАТЭ объединены в одну группу исполнительных систем безопасности.

Управляющие системы безопасности именуются системами защиты и включают только ту часть управляющих систем, которая относится к реактору. Другие части управляющих систем в отдельную группу не выделяются и входят в группу исполнительных и обеспечивающих систем безопасности. Обеспечивающие системы безопасности и в глоссарии МАГАТЭ и в НП-001-15 [9] определены одинаково.

1.14 Системы (элементы), важные для безопасности

Этому термину НП-001-15 [9] соответствует содержащийся в глоссарии МАГАТЭ термин «устройства, важные для безопасности». Он сформулирован через другой термин – «группа безопасности», отсутствующий в системе российских НД. Этим термином обозначается набор оборудования, необходимый для каждого конкретного исходного события для того, чтобы не превысить пределы, установленные для ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий.

В НП-001-15 [9] к системам (элементам), важным для безопасности, отнесены системы (элементы) безопасности; системы (элементы) нормальной эксплуатации, отказы которых нарушают нормальную эксплуатацию АС или препятствуют устранению отклонений от нормальной эксплуатации, если при этом условная вероятность перехода указанного отказа в тяжелую аварию составляет 10^{-6} или более; системы (элементы) АС, отказ которых приводит к превышению установленных значений допустимых выбросов или сбросов радиоактивных веществ, либо допустимых уровней загрязненности помещений АС; системы (элементы), предусматриваемые в проекте АС для управления авариями в течение первых трех суток после возникновения исходного события аварии (либо в течение иного установленного в проекте АС временного интервала, который должен составлять не менее трех суток); системы (элементы систем) радиационного контроля.

Согласно определению глоссария МАГАТЭ, к устройствам, важным для безопасности, относятся те, которые входят в состав группы безопасности, например, системы безопасности, а также те, чей сбой в работе или отказ может привести к радиационному облучению персонала площадки или населения. В этом отношении определения систем (элементов), важных для безопасности, в НП-001-15 [9] и устройств, важных для безопасности, в глоссарии МАГАТЭ эквивалентны, ибо в обоих случаях

определяющие признаки включают и системы безопасности, и другие устройства, вследствие отказа или неправильного функционирования, которых возможны радиологические последствия.

Вместе с тем в определении НП-001-15 [9] содержатся признаки, которых нет в определении МАГАТЭ. Это вероятностный критерий в отношении отказов, нарушающих нормальную эксплуатацию АС или препятствующих устранению отклонений от нормальной эксплуатации, некоторые системы (элементы), предусматриваемые в проекте АС для управления авариями, и системы (элементы систем) радиационного контроля.

1.15 Состояния расширенного проекта (Design extension conditions)

Это новый термин, введенный в стандарт SSR-2/1 (Rev. 1) [10] вместо применявшегося ранее термина «запроектные аварии» (beyond design basis accident). Он определен как аварийные состояния, которые не рассматриваются в рамках проектных аварий, но которые рассматриваются в процессе проектирования станции на основе методологии наилучших оценок и для которых выбросы радиоактивных веществ удерживаются в приемлемых пределах. Состояния расширенного проекта могут включать тяжелые аварии.

Введение нового термина существенно изменило его содержание по сравнению с прежним термином «запроектные аварии». В глоссарии МАГАТЭ термин «запроектные аварии» сохранился и он определен как более тяжелые аварии по сравнению с проектными. А в предыдущем стандарте МАГАТЭ NS-R-1 тяжелые аварии (основная часть запроектных аварий) более детально определялись в основном тексте стандарта как некоторые весьма маловероятные состояния станции, которые выходят за рамки условий проектных аварий и могут возникнуть в результате многочисленных отказов систем безопасности, ведут к значительному

повреждению активной зоны и могут повредить много барьеров или все барьеры на пути выхода радиоактивных продуктов. Такие цепочки событий, ведущие к тяжелым авариям, должны рассматриваться на основе сочетания инженерных оценок и вероятностных методов для того, чтобы определить разумно применимые предупредительные или смягчающие меры. Здесь не требуется использовать консервативную инженерную практику как для оценок проектных аварий, а следует применять реалистический подход и методы наилучших оценок.

Такое определение охватывало неограниченный круг возможных аварий с тяжелыми последствиями и полностью соответствовало подходу, принятому в ОПБ-88/97 [8] и сохраненному в НП-001-15 [9].

Приведенное выше определение состояний расширенного проекта в стандарте SSR-2/1 (Rev. 1) [10] ограничивает круг таких состояний только теми, которые рассматриваются в проекте на основе методологии наилучших оценок и для которых выбросы должны быть ограничены приемлемыми пределами. Это как бы еще один набор проектных аварий, выбор которых стандартом не определен и, следовательно, оставлен на усмотрение разработчика, эксплуатирующей организации и регулирующего органа.

Поскольку такой подход может привести к снижению уровня безопасности АС, он не использован при внесении изменений в ОПБ-88/97 [8] в отношении запроектных аварий.

1.16 Состояния станции

Этот термин включен в раздел определений стандарта SSR-2/1(Rev. 1) [10], как отличающийся от соответствующего термина глоссария МАГАТЭ до его обновления. И в обновленном глоссарии МАГАТЭ и в стандарте SSR-2/1 (Rev. 1) [10] этот термин определен с помощью диаграммы, на которой обозначены все рассматриваемые состояния станции. Для аварийных состояний в соответствии с новой терминологией термин

«запроектные аварии» заменен термином «состояния расширенного проекта».

В НП-001-15] [9] каждое из возможных состояний станции: нормальная эксплуатация, эксплуатация с отклонениями, предаварийная ситуация, проектные аварии и запроектные аварии определены отдельно, а имеющиеся различия с определениями МАГАТЭ, рассматриваются при обсуждении каждого из них.

1.17 Средства безопасности для состояний расширенного проекта

Это новый термин стандарта SSR-2/1(Rev. 1) [10]. Он определен как устройства, разработанные для выполнения функций безопасности или, которые выполняют функции безопасности в состояниях расширенного проекта.

В НП-001-15 [9] этому термину соответствует термин «Специальные технические средства по управлению запроектными авариям». Однако в отличие от приведенного выше определения стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] эти специальные технические средства ориентируются не на какие-то неопределенные функции безопасности, связанные с состояниями расширенного проекта, а четко на управление запроектными авариями.

1.18 Уставки систем безопасности

Этот термин включен в раздел определений стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], как отличающийся от соответствующего термина глоссария МАГАТЭ до его обновления. Отличие состоит в замене слов «защитные устройства» (protective devices) словами «системы безопасности» (safety systems), а слов «аварийных состояниях» (accident conditions) словами «проектных авариях» (design basis accident). Последнее уточнение представляется сомнительным, поскольку понятие «проектные аварии» является более узким по сравнению с понятием «аварийные состояния».

В НП-001-15] [9] уставки систем безопасности специально не определены. Они входят в состав проектных пределов и устанавливаются разработчиками проекта АС в соответствии с действующими НД так, чтобы обеспечить соблюдение пределов безопасной эксплуатации.

1.19 Функция безопасности

В определениях этого термина в российских нормах и правилах и в глоссарии МАГАТЭ имеются различия. Во-первых, в глоссарии МАГАТЭ функция безопасности определена лишь как конкретная цель, которая должна быть достигнута для обеспечения безопасности. В НП-001-15 [9] – это цель и действие, обеспечивающее ее достижение. Во-вторых, в НП-001-15 [9] эта цель направлена на предотвращение аварий или ограничение их последствий. В новой редакции глоссария МАГАТЭ такая цель указана в более общем виде – предотвращение или ослабление радиационных последствий нормальной эксплуатации, ожидаемых при эксплуатации событий и аварийных состояний. Таким образом согласно НП-001-15 [9], функции безопасности ориентированы на аварии и исполняются, главным образом, системами безопасности, согласно же глоссария МАГАТЭ функции безопасности выполняются также системами нормальной эксплуатации. Более детально этот вопрос рассмотрен ниже.

1.20 Эксплуатация с отклонениями

Этому термину НП-001-15 [9] соответствует термин стандартов МАГАТЭ «ожидаемое при эксплуатации событие». Однако они не полностью эквивалентны, так как определены по-разному. В НП-001-15 [9] для «эксплуатации с отклонениями» даны четкие границы. Это состояния, при которых нарушены эксплуатационные пределы, но не нарушены пределы безопасной эксплуатации. В глоссарии МАГАТЭ «ожидаемое при эксплуатации событие» определяются через его ожидаемую частоту (хотя бы

один раз за срок службы), отсутствие серьезных повреждений систем, важных для безопасности, и предотвращение перерастания такого события в проектную аварию с помощью предусмотренных проектом технических средств.

Исходя из таких определений, эти два класса событий могут не совпадать друг с другом. При «ожидаемом при эксплуатации событии» могут быть нарушены пределы безопасной эксплуатации по технологическим параметрам. При «эксплуатации с отклонениями», согласно определению, такого быть не может.

Состояние АС, когда пределы безопасной эксплуатации по технологическим параметрам нарушены, а пределы безопасной эксплуатации по радиационным параметрам не нарушены, именуется в НП-001-15 [9] «предавварийной ситуацией». Диапазон состояний, включающий «эксплуатацию с отклонениями» и «предавварийные ситуации» эквивалентен диапазону «ожидаемых при эксплуатации событий».

1.21 Элементы

В российских нормах и правилах фигурирует диада «системы и элементы» в то время, как в стандартах МАГАТЭ с теми же целями используется триада «конструкции, системы и компоненты». Определение понятия «компонент» в глоссарии МАГАТЭ отличается от определения термина «элемент» в НП-001-15 [9]. Если в глоссарии МАГАТЭ компонент это просто дискретная часть системы, то в НП-001-15 [9] элемент это не просто дискретная часть системы, а строительные конструкции, оборудование, приборы, трубопроводы, трубопроводная арматура, средства измерения, контроля, управления и автоматики, кабели, и другие изделия, обеспечивающие выполнение заданных функций самостоятельно или в составе систем и рассматриваемые в проекте АС в качестве структурных единиц при выполнении анализов надежности и безопасности. Это как раз и означает, что это всегда изделия, на которые имеется документация,

содержащая их характеристики, включая показатели надежности. В определении глоссария МАГАТЭ, как отмечалось выше, это всего лишь дискретные элементы системы.

Еще одна проблема, связанная с терминологией, обусловлена особенностями перевода английских терминов на русский язык и обратно.

Русский язык является одним из официальных языков МАГАТЭ. Поэтому документы на русском языке имеют такую же юридическую силу, как и на других официальных языках Агентства. Вместе с тем, разработка документов МАГАТЭ, в том числе и рассматриваемых стандартов, ведется на английском языке, который является языком оригиналов разрабатываемых документов. На остальные языки документы переводятся с оригиналов, что вносит определенную специфику в пользование переведенными документами.

Указанная специфика обусловлена рядом причин, таких как особенности языков, различие некоторых представлений в областях науки и техники, являющихся предметом перевода. В нашем случае это вызвано различиями в системах НД и некоторыми другими причинами. Приведем несколько примеров.

В системе стандартов МАГАТЭ очень часто применяются термины «программа» и «процедуры». Под программой в русском языке понимается содержание и план какой-либо деятельности или работы. В практике АС это обычно относится к разовым мероприятиям или работам. В стандартах же МАГАТЭ программы относятся к постоянно проводимым видам деятельности. В соответствии со стандартами МАГАТЭ на атомной станции одновременно действует множество таких программ (по радиационной защите, по обеспечению качества и т.п.). В России подобные документы, действующие на долговременной основе, обычно именуются иначе, например, положениями, правилами, регламентами и т.п. Тем не менее такое понимание термина «программа» постепенно приживается и в России.

Термин «процедуры» означает установленный порядок ведения какого-либо дела. В стандартах же МАГАТЭ этот термин означает не только

порядок ведения дела, но и документ, в котором этот порядок отражен. Подобные документы в России именуются инструкциями, руководствами, регламентами, методиками и т.п.

В различных системах НД, в том числе системах стандартов МАГАТЭ и российских НД, есть аналогичные понятия, не соответствующие переводным выражениям. Например, российское понятие «отчет по обоснованию безопасности» эквивалентно понятию «отчет по анализу безопасности» в стандартах МАГАТЭ. В связи с этим возникает вопрос: как переводить – исходя из этой эквивалентности или в соответствии со словарем. Вариант эквивалентности легче воспринимается российскими пользователями переводных стандартов, но иногда он неприемлем, так как эквивалентность может быть неполной по содержанию этих понятий, считающихся эквивалентными. В таких случаях более правильным будет перевод по словарю.

В стандартах МАГАТЭ используется термин «радиоактивные материалы». В российских НД слово «материалы» применяется в словосочетании термина «ядерные материалы», который введен Федеральным законом [13] в качестве одного из объектов применения этого закона. Еще одним объектом применения Федерального закона [13] являются «радиоактивные вещества». Этот термин и используется в большинстве случаев при переводе с английского термина «радиоактивные материалы», хотя в некоторых случаях может сохраняться и дословный перевод.

В российских НД для обозначения выхода радиоактивных веществ в воздушное и водное пространство окружающей среды применяются разные термины: «выброс» – для выхода в атмосферу, «сброс» – для выхода в водоемы. В стандартах МАГАТЭ используется один термин «выброс». В переводных текстах можно встретить оба варианта переводов – одним и двумя терминами. В русской версии настоящей книги термин «выброс» применяется только тогда, когда из текста стандарта ясно, что речь идет о выбросе в атмосферу. В других случаях будут использоваться указанные

выше два термина или неопределенный термин «выход».

Проблемы возникают с переводами текстов, отражающих взаимоотношения эксплуатирующей организации и регулирующего органа. Принцип независимости регулирующего органа и всей полноты ответственности эксплуатирующей организации за безопасность означает, что регулирующий орган не может согласовывать или утверждать какие-либо решения эксплуатирующей организации. Он только рассматривает их соответствие нормативным требованиям и выдает замечания, если они есть, или лицензию (разрешение) на выполнение работ, если замечаний нет, формулируя при этом, если требуется, условия действия лицензии (разрешения). Это и есть форма одобрения регулирующим органом. Вместе с тем в переводах стандартов МАГАТЭ часто можно встретить указания на необходимость согласования того или иного документа с регулирующим органом или утверждения какого-либо документа регулирующим органом, что соответствует подстрочному переводу.

Английский термин «контроль» означает и контроль, и регулирование, и управление, включающее оба эти понятия. В глоссарии МАГАТЭ поясняется, что в текстах по безопасности этот термин чаще всего несет в себе более активное содержание, чем просто контроль. Он подразумевает возможность активного воздействия путем регулирования или ограничения контролируемых параметров, если они отклонятся от установленных значений. Иногда указанный термин более правильно переводить как «удержание под контролем» или «контроль над чем-либо».

Часто возникают проблемы с переводом на русский язык английского слова *management* (административное управление), особенно в сочетании со словом *safety* (безопасность). Словосочетание «*safety management*» или «*management of safety*» переводится как «управление безопасностью», что искажает суть дела. Для управления необходимо иметь объект управления. На АС таким объектом управления являются люди и процессы, а безопасность является целью управления. Поэтому приведенное выше словосочетание более правильно переводить как «управление в целях

безопасности».

Все это создает трудности при переводе и при использовании переведенного текста, в связи с чем использовать стандарты МАГАТЭ в переводе на русский язык нужно с осторожностью и обращаться к оригиналу в случаях, когда возникают какие-либо неясности или сомнения. Все эти обстоятельства также следует учитывать при переводе российских документов на языки стран, использующих российские технологии.

2. ЦЕЛИ И ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ

В принципе стандарты МАГАТЭ и российские нормативные правовые акты, включая НП-001-15 [9], рассматривают цель безопасности одинаковым образом, как защиту персонала, населения и окружающей среды от радиационной опасности, хотя существуют некоторые различия в формулировках.

Для новой серии стандартов МАГАТЭ цель безопасности и принципы для всех типов установок и видов деятельности в области использования атомной энергии сформулированы в отдельном стандарте высшего уровня SF-1 [2]. Они устанавливают одну фундаментальную цель и десять принципов безопасности, которые обеспечивают основу для разработки требований и мер по защите людей и окружающей среды от радиационных рисков и по безопасности установок и деятельности, которые приводят к таким рискам.

Эта фундаментальная цель безопасности применяется для всех стадий жизни АС, включая планирование, размещение, проект, изготовление, строительство, ввод в эксплуатацию и эксплуатацию, а также вывод из эксплуатации.

Принципы безопасности формируют набор, который для достижения фундаментальной цели применим полностью, однако практически в отношении конкретных обстоятельств различные принципы могут быть важными в большей или меньшей степени.

2.1. Цель безопасности

Цель безопасности установлена одна – это защита людей и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующей радиации.

Принципов, обеспечивающих ее достижение, – десять:

1. Ответственность за безопасность.

2. Роль правительства.
3. Лидерство и управление в целях безопасности.
4. Обоснованность деятельности и установок.
5. Оптимизация защиты.
6. Ограничение рисков для отдельных лиц.
7. Защита настоящего и будущего поколений.
8. Предотвращение аварий.
9. Аварийная готовность и реагирование.
10. Защитные действия для снижения уже существующего или нерегулируемого радиационного риска.

Все эти принципы сформулированы в самом общем виде и являются основой, на которой формулируются требования для конкретных установок и деятельности в соответствующих стандартах МАГАТЭ.

В российской практике нормативного регулирования общие цели и принципы обычно устанавливаются в соответствующем законодательстве. Так, в Федеральном законе об использовании атомной энергии [13] установлено, что он направлен на защиту здоровья и жизни людей, охрану окружающей среды, защиту собственности при использовании атомной энергии. В целях Федерального закона о радиационной безопасности [14] применено основное понятие «радиационная безопасность населения» или просто «радиационная безопасность» как состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения. Таким образом, каких-либо расхождений в целях между российским законодательством и стандартом МАГАТЭ высшего уровня не усматривается.

В одном из рассматриваемых новых стандартов МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] содержится глава «Цель безопасности и принципы», в которой из десяти представленных выше принципов приводятся те, которые имеют отношение к данному стандарту. Ниже эти принципы рассматриваются более подробно.

2.2. Принцип 1. Ответственность за безопасность

Основная ответственность за безопасность должна лежать на лицах или организациях, ответственных за установки и деятельность, вызывающие радиационные риски.

Это один из важнейших принципов безопасности. Он устанавливает всю полноту ответственности эксплуатирующей организации за безопасность ядерной установки и деятельности на всех стадиях ее жизненного цикла. В Федеральном законе [13] эта ответственность прописана примерно также, а в НП-001-15 [9] положения об ответственности эксплуатирующей организации Федерального закона [13] конкретизируются применительно к задачам по обеспечению безопасности атомных станций.

2.3. Принцип 3. Лидерство и управление в целях безопасности

На установках и в деятельности, вызывающих радиационные риски, и в связанных с этим организациях необходимо установить и поддерживать эффективное лидерство и управление в целях безопасности.

Этот принцип устанавливает важную роль руководства организации и установленной в ней системы административного управления в обеспечении безопасности. И руководство организации, и система административного управления должны поддерживать культуру безопасности, формирующую позицию людей и организаций в целом в отношении безопасности таким образом, чтобы обеспечение безопасности АС являлось приоритетной целью и внутренней потребностью, приводящей к самосознанию ответственности и к самоконтролю при выполнении всех работ, влияющих на безопасность. Вместе с тем, система административного управления должна носить комплексный,

интегрированный характер таким образом, чтобы требования безопасности устанавливались и применялись согласованно с другими требованиями, в том числе в отношении выполнения работ персоналом, качества, защиты от злонамеренных действий, и чтобы другие требования или задачи не выполнялись в ущерб безопасности.

Этот принцип является новым и означает переход от применявшейся ранее концепции обеспечения качества к более совершенной концепции интегрированной системы административного управления. Новая концепция завершает логическую цепочку развития подходов к обеспечению качества:

- контроль качества;
- обеспечение качества;
- управление качеством;
- управление производством (организацией).

Состояние реализации этого принципа в российских НД рассмотрено более подробно ниже при обсуждении требования 2 стандарта SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

2.4. Принцип 5. Оптимизация защиты

Необходимо оптимизировать защиту для обеспечения наивысшего уровня безопасности, который может быть достигнут на разумной основе.

Это один из основополагающих принципов радиационной защиты. В российской системе нормативно-правовых актов он сформулирован в Федеральном законе о радиационной безопасности населения [14]. Согласно определению статьи 3 этого закона это поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения. Хотя приведенные формулировки этого принципа разные, суть их одинакова.

В НП-001-15 [9] этот принцип реализован в п. 1.2.3.

2.5. Принцип 6. Ограничение рисков для отдельных лиц

Меры по контролю над радиационными рисками должны обеспечивать, чтобы ни одно лицо не подвергалось неприемлемому риску нанесения вреда.

В российском законе о радиационной безопасности населения [14] этот принцип именуется принципом нормирования – непревышения допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения.

Так же, как и в предыдущем случае, в НП-001-15 [9] этот принцип реализован в п. 1.2.3.

2.6. Принцип 7. Защита настоящего и будущего поколений

Население и окружающая среда в настоящем и будущем должны быть защищены от радиационных рисков.

Положение о защите настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения содержится в упоминавшемся выше определении основного понятия Федерального закона [14] «радиационная безопасность населения».

2.7. Принцип 8. Предотвращение аварий

Все практически возможные усилия должны быть предприняты для предотвращения и ослабления ядерных или радиационных аварий.

В соответствии с этим принципом предотвращение аварий на ядерных установках должно базироваться, прежде всего, на применении концепции глубокоэшелонированной защиты.

В российской нормативной практике требования по предотвращению

аварий содержатся как в законодательстве, так и в других НД в более развернутом виде.

Так, в Федеральном законе [13] (ст. 35) установлено, что эксплуатирующая организация обеспечивает разработку и реализацию мер по предотвращению аварий на ядерной установке, на радиационном источнике и в пункте хранения, и по снижению их негативных последствий для работников указанных объектов, населения и окружающей среды. В НП-001-15 [9] в п.1.2.4 установлена необходимость применения концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду и системы технических и организационных мер по защите барьеров и сохранению их эффективности, а также по защите персонала, населения и окружающей среды.

2.8. Принцип 9. Аварийная готовность и реагирование

Должны быть приняты меры для обеспечения аварийной готовности и реагирования в случае ядерных или радиационных аварий.

Данный принцип стандарта МАГАТЭ SF-1 [2] ориентирован на подготовку и реагирование в случае чрезвычайных ситуаций, то есть при авариях, которые могут превысить проектные уровни.

В российской системе НД этот принцип отражен в специальном законе [15], а в отношении АС в НП-001-15 [9], что подробно отражено при обсуждении требования 18 стандарта SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

Таким образом, хотя в России нет документа, эквивалентного стандарту МАГАТЭ высшего уровня [2], практически все изложенные в нем цели и принципы содержатся в российском законодательстве и в других НД.

Из приведенного выше видно, что в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], посвященном вопросам обеспечения безопасности АС при вводе в эксплуатацию и эксплуатации, рассмотрено семь имеющих

отношение к этому стандарту основных принципов безопасности из десяти.

Нерассмотренными остались следующие три принципа:

Принцип 2. Роль правительства;

Принцип 4. Обоснованность деятельности и установок;

Принцип 10. Защитные действия для снижения уже существующего или нерегулируемого радиационного риска.

Эти три принципа не имеют прямого отношения и к стандарту МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], посвященному вопросам обеспечения безопасности АС в проекте. Они в большей мере относятся к российскому законодательству в области использования атомной энергии, отраженному в Федеральных законах [13], [14] и [15]. В них все эти принципы в той или иной степени реализованы. Это принцип полной ответственности эксплуатирующей организации за безопасность АС, принцип разделения властей или ответственности, устанавливающий независимость государственного надзора и контроля за ядерной и радиационной безопасностью от органов и организаций управляющих или способствующих развитию атомной энергетики, а также некоторые другие принципы, которые в НП-001-15 [9] представлены в более конкретном виде. Однако более детальный анализ данного вопроса выходит за рамки задач настоящей книги.

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АС В ПРОЕКТЕ

(стандарт SSR-2/1 (Rev. 1))

3.1 Концепции безопасности

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] до формулирования требований к обеспечению безопасности АС, реализуемых в проектах, представлены четыре концепции, объединяющие эти требования и составляющие концепцию безопасности АС:

- радиационная защита;
- безопасность в проекте;
- глубокоэшелонированная защита;
- поддержка комплексности проекта на протяжении всего срока службы станции.

Ниже эти концепции рассмотрены в том виде, как они представлены в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1(Rev. 1) [10].

3.1.1. Радиационная защита

С целью удовлетворения основным принципам обеспечения безопасности необходимо для всех эксплуатационных состояний АС и для любой связанной с ними деятельности удерживать дозы радиационного облучения в пределах установки или облучения из-за любого запланированного радиоактивного выброса и сброса с установки ниже установленных пределов доз и на разумно достижимом низком уровне. Кроме того, требуется осуществлять меры для ослабления радиологических последствий любых аварий, если они произошли.

Наряду с этим, для применения основных принципов безопасности требуется, чтобы АС проектировались и эксплуатировались так, чтобы держать все источники радиации под строгим техническим и

административным контролем. Однако этот принцип не исключает возможности ограниченного облучения или выхода разрешенного количества радиоактивных веществ в окружающую среду из АС в эксплуатационных состояниях. Такое облучение и радиоактивные выбросы или сбросы должны быть под жестким контролем и удерживаться на разумно достижимом низком уровне в соответствии с пределами, установленными регулятором, пределами для эксплуатации и требованиями по радиационной защите.

По существу, здесь для различных состояний АС формулируется принцип ALARA, возможность реализации которого уже закладывается на стадии проектирования. Эта концепция повторяется в требовании 5 стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и детализируется в требованиях 81 и 82.

В России дозы облучения персонала и населения от источников ионизирующего излучения регламентированы Федеральным законом [14], нормами радиационной безопасности [16], санитарными правилами [17, 18] и другими НД государственного органа, регулирующего санитарно-гигиенические аспекты радиационной безопасности.

Санитарными правилами [18] для АС установлены так называемые контрольные уровни, которые необходимо определять на основе достигнутых при эксплуатации показателей, обеспечивая таким образом реализацию принципа ALARA. В этих же правилах установлены требования к назначению пределов безопасной эксплуатации и эксплуатационных пределов.

Таким образом, указанные нормы и правила полностью покрывают концепцию стандарта МАГАТЭ по радиационной защите.

3.1.2. Безопасность в проекте

Чтобы достигнуть самого высокого уровня безопасности, который на разумной основе может быть обеспечен проектом АС, необходимо в соответствии с национальными критериями и целями безопасности принять

следующие меры:

1) предотвращать аварии с вредными последствиями в результате потери контроля над активной зоной или другими источниками радиации и ослаблять последствия аварий, если они произошли;

2) обеспечить, чтобы для всех аварий, учитываемых в проекте установки, любые радиологические последствия были ниже соответствующих пределов и удерживались на таком низком уровне, как это достижимо на разумной основе;

3) обеспечить, чтобы вероятность возникновения аварии с серьезными радиологическими последствиями была чрезвычайно низкой, и чтобы радиологические последствия такой аварии были ослаблены в практически возможной степени.

Для демонстрации того, что в проекте АС достигнута фундаментальная цель безопасности, должна проводиться всесторонняя оценка с определением всех возможных источников радиации и оценкой возможных доз, которые могут быть получены персоналом и населением, а также возможных воздействий на окружающую среду в результате эксплуатации станции. Оценка безопасности необходима для: условий нормальной эксплуатации станции; работы станции при ожидаемых эксплуатационных событиях и условий аварии. На основе этого анализа может быть установлена способность проекта обеспечить противостояние постулируемым исходным событиям и авариям, продемонстрирована эффективность устройств, важных для безопасности, и установлены меры для аварийного планирования.

Должны быть приняты меры по удержанию под контролем облучения для всех эксплуатационных состояний на уровнях, которые являются такими низкими как это достижимо на разумной основе, и минимизации вероятности аварий, приводящих к потере контроля над источником радиации. Однако остается возможность того, что авария может случиться. Должны быть приняты меры, обеспечивающие ослабление радиологических последствий аварии. Такие меры включают: оснащение

устройствами безопасности и системами безопасности; установление эксплуатирующей организацией процедур по управлению аварией; и, возможно, мер по внешнему вмешательству соответствующих властей, поддержанных в необходимой мере эксплуатирующей организацией, для снижения облучения, если авария произошла.

В целях обеспечения безопасности АС в проекте применяется Принцип 8 стандарта [2], предусматривающий принятие практических мер по ослаблению последствий ядерных или радиационных аварий в следующем виде: цепочки событий на станции, которые могут привести к высоким дозам облучения или радиоактивным выбросам, должны быть практически исключены, а цепочки событий с существенной частотой возникновения не должны иметь никаких потенциальных радиологических последствий или только незначительные. При этом под практическим исключением понимается физическая невозможность события или его крайне низкая вероятность с высоким уровнем доверия. Существенная цель состоит в том, чтобы потребность в мерах по внешнему вмешательству для ослабления радиологических последствий была ограничена или даже устранена в техническом смысле, хотя такие меры могут все еще требоваться ответственными властями.

Приведенная выше концепция безопасности в проекте АС стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] более детально формулирует реализацию в проекте основной цели безопасности, достижение которой обеспечивается выполнением сформулированных в рассматриваемом стандарте требований. Все это в полном объеме содержится и в НП-001-15 [9]. Тем не менее, здесь есть одно существенное различие, которое следует обсудить.

Речь идет о принципе практического исключения нежелательного события из рассмотрения. Этот принцип из-за неопределенности его второй части напоминает существовавшую до чернобыльской аварии концепцию так называемых гипотетических аварий, возможность которых не учитывалась в проектах АС в силу их малой вероятности. Чернобыльская авария опровергла жизнеспособность этой концепции, в связи с чем была

полностью пересмотрена существовавшая до чернобыльской аварии концепция безопасности АС, и любые аварии независимо от их вероятности стали рассматриваться в проектах в том или ином виде.

В НП-001-15 [9] имеется несколько принципов исключения, но они существенно отличаются от представленного выше принципа практического исключения стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. Первый принцип исключения содержится в п.1.2.19 НП-001-15 [9], согласно которому для запроектных аварий, которые не исключены на основе свойств внутренней самозащищенности реактора и принципов его устройства, независимо от их вероятности, должны быть разработаны организационные меры по управлению такими запроектными авариями, включая меры по снижению радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду, в том числе путем осуществления планов мероприятий по защите персонала и населения в случае аварии. Этот принцип совпадает с первой частью принципа практического исключения стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], ибо предусматривает исключение из рассмотрения в проекте АС события на основе его физической невозможности.

Второй принцип исключения содержится в п.1.2.18 НП-001-15 [9]. Согласно этому принципу, если оценка вероятности большого аварийного выброса не подтверждает выполнение п. 1.2.17 Общих положений (то есть установленных в этом пункте целевых ориентиров), то в проекте АС необходимо предусмотреть дополнительные технические решения (включая специальные технические средства для управления запроектными авариями) с целью снижения вероятности возникновения аварий и ослабления их последствий. То есть этим принципом исключается лишь необходимость предусматривать в проекте дополнительные технические решения по управлению авариями с целью ослабления их последствий, если обеспечено достижение целевых ориентиров или ниже. В руководстве же по управлению авариями даже маловероятные аварии должны учитываться на основе представительных сценариев. Правильность этого положения

подтверждена аварией на АЭС Фукусима Дайичи в Японии, для которой произошедшая в марте 2011 г. авария была гипотетической, так как не учитывалась в проекте ни в части технических, ни в части организационных мер.

Третий принцип исключения, содержащийся в НП-001-15 [9], прописан в п.1.2.13. Его можно назвать расшифровкой последней части первого принципа, касающейся принципов устройства реактора. Он относится к учету в проекте разрывов корпусов оборудования. Согласно этому принципу разрывы корпусов оборудования и сосудов, изготовление и эксплуатация которых осуществляется в соответствии с наиболее высокими требованиями по качеству, установленными в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии, регламентирующих их устройство, в число исходных событий проектных аварий не включаются. При этом должно быть обосновано, что вероятность разрушения корпуса реактора одного блока АС на интервале в один год не превышает 10^{-7} .

Все эти принципы исключения, содержащиеся в НП-001-15 [9], носят конкретный характер и не имеют ничего общего с не оправдавшей себя концепцией гипотетических аварий. По этой причине этот подход остался неизменным в обновленных ОПБ АС России.

В заключение отметим, что Принцип 8 из стандарта [2], на который делается ссылка в рассматриваемом разделе стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], относящийся к предотвращению аварий, не содержит упоминаний об обсуждавшийся выше концепции практического исключения.

3.1.3. Концепция глубокоэшелонированной защиты

Впервые в современном виде концепция глубокоэшелонированной защиты была описана в докладе МАГАТЭ INSAG-3. В дальнейшем ее более детальное описание было представлено в докладе INSAG-10 [19], специально посвященном этой концепции. Примерно в таком же виде эта концепция стала отражаться и в стандартах МАГАТЭ новых серий.

Концепция глубокоэшелонированной защиты является главным средством предотвращения аварий на АС и ослабления их последствий.

Эта концепция применяется ко всей связанной с безопасностью деятельности: организационной, поведенческой или проектной и ко всем состояниям: полной мощности, малой мощности или к состоянию остановки. Она должна обеспечить, чтобы все связанные с безопасностью действия были подчинены независимым уровням защиты так, чтобы в случае отказа он был обнаружен и скомпенсирован или исправлен соответствующими мерами. Применение концепции глубокоэшелонированной защиты во всем проекте и эксплуатации обеспечивает защиту против ожидаемых эксплуатационных событий и аварий, включая те, которые являются результатом отказов оборудования или вызванных человеком событий в пределах станции, и против последствий событий, которые происходят вне станции.

Применение концепции глубокоэшелонированной защиты в проекте АС обеспечивает несколько уровней защиты (свойства внутренней самозащищенности, системы безопасности и процедуры), которые должны предотвращать вредное воздействие радиации на людей и окружающую среду, обеспечивать адекватную защиту от вредного воздействия и уменьшение последствий, когда предотвращение терпит неудачу. Независимая эффективность каждого из различных уровней защиты существенный элемент концепции глубокоэшелонированной защиты станции. Он достигается с помощью мер, исключаящих такие отказы одного уровня защиты, которые вызывают отказы других уровней. Предусматривается пять уровней защиты.

1. Цель первого уровня защиты состоит в том, чтобы предотвратить отклонения от нормальной эксплуатации и отказы устройств, важных для безопасности. Для этого требуется, чтобы станция была обоснованно и консервативно размещена, разработана, построена, обслуживалась и эксплуатировалась в соответствии с качественным административным управлением и соответствующими апробированными техническими

методами. Чтобы выполнить эти задачи, необходимо уделить внимание подбору соответствующего свода правил для проектирования и выбора материалов, контролю качества изготовления компонентов и строительства станции, а также вводу в эксплуатацию. Варианты проекта, которые уменьшают возможности возникновения внутренних опасностей, вносят свой вклад в предотвращение аварий на данном уровне защиты. Внимание также должно быть обращено на процессы и процедуры, входящие в проект, изготовление, строительство и инспекции при работе, техническое обслуживание и испытания, обеспечение легкого доступа для этих операций, методы эксплуатации и на то, как используется эксплуатационный опыт. Этот процесс должен поддерживаться детальными анализами, которые определяют требования к эксплуатации и техническому обслуживанию станции и требования к качественному административному управлению эксплуатацией и методами технического обслуживания.

2. Цель второго уровня защиты состоит в том, чтобы обнаружить и удерживать под контролем отклонения от нормальных эксплуатационных состояний, предотвратить перерастание ожидаемых эксплуатационных событий на станции в аварии. При этом учитывается тот факт, что постулированные исходные события могут произойти за время срока службы АС, несмотря на меры по их предотвращению. Второй уровень защиты требует предусмотреть в проекте оснащение станции определенными системами и устройствами; подтверждения их эффективности с помощью анализов безопасности; установления эксплуатационных процедур для предотвращения или минимизации последствий таких исходных событий или возврата станции в безопасное состояние.

3. Для третьего уровня защиты предполагается, что, хотя маловероятно, но возможно перерастание определенных ожидаемых эксплуатационных событий или постулированных исходных событий в аварии из-за невозможности удержать их под контролем на предыдущем уровне. В проекте станции возможность таких аварий постулируется. Это

приводит к требованию предусмотреть внутреннюю самозащищенность и/или технические средства безопасности, системы безопасности и процедуры, способные предотвратить повреждения активной зоны или значительные выбросы и сбросы со станции и возвращение станции в безопасное состояние.

4. Цель четвертого уровня защиты состоит в том, чтобы ослабить последствия аварий, которые являются результатом отказа третьего уровня глубокоэшелонированной защиты. Самая важная цель для этого уровня состоит в том, чтобы обеспечить функцию удержания активности таким образом, чтобы радиоактивные выбросы удерживались на разумно достижимом низком уровне.

5. Цель пятого и заключительного уровня защиты уменьшение радиологических последствий радиоактивных выбросов, которые могут потенциально следовать из условий аварии. Это требует оснащения соответственно оборудованного аварийного центра управления, чрезвычайных планов и чрезвычайных мер для аварийного реагирования по месту и вне площадки.

Соответствующий аспект внедрения глубокоэшелонированной защиты на АС состоит в том, чтобы предусмотреть в проекте ряд физических барьеров, а также комбинацию активных, пассивных средств и внутреннюю самозащищенность, которые вносят свой вклад в эффективность удержания физическими барьерами радиоактивных веществ в определенных местах. Количество барьеров, которое необходимо, зависит от исходных источников радионуклидов и их изотопного состава, эффективности отдельных барьеров, возможных внутренних и внешних опасностей и потенциальных последствий отказов.

В п. 1.2.4 НП-001-15 [9] изложена концепция глубокоэшелонированной защиты АС примерно в том же виде, как и приведенное выше представление стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. Разница состоит в более конкретном отнесении уровней защиты к определенным состояниям станции и в обозначении роли различных систем на каждом из

уровней защиты. Кроме того, выделена определяющая роль первых двух уровней глубокоэшелонированной защиты, что крайне важно для установления правильного баланса в проекте между различными средствами обеспечения безопасности. Такое изложение в большей мере соответствует представлению глубокоэшелонированной защиты в документах МАГАТЭ INSAG 10 [19] и INSAG 12 [20], а также в одной из предшествующих редакций рассматриваемого стандарта.

В сравнении этого стандарта с российскими нормами и правилами в первом издании книги отмечалось небольшое различие в описаниях глубокоэшелонированной защиты. В нем указывалось, что в обоих НД описываются физические барьеры для реакторов с водой под давлением. Однако в стандарте NS-R-1 это указано, а в НП-001-15 [9] – подразумевается.

3.1.4. Поддержка комплексности проекта станции на протяжении всего срока ее службы

Проект, строительство и ввод в эксплуатацию АС могут быть разделены между множеством организаций: генеральным проектировщиком; поставщиком реактора и его вспомогательных систем; поставщиками главных компонентов; проектировщиком электрических систем и поставщиками других систем, которые являются важными для безопасности станции.

Однако главная ответственность за безопасность, согласно [2], лежит на лице или организации, ответственной за установку и деятельность, которые приводят к радиационным рискам (то есть, на эксплуатирующей организации). Международная консультативная группа по ядерной безопасности в докладе [21] предложила, чтобы эксплуатирующая организация установила формализованный процесс для поддержки комплексности проекта станции на протяжении всего срока ее службы, то есть на стадии эксплуатации и вывода из эксплуатации. Официально

установленная структура в пределах эксплуатирующей организации взяла бы на себя ответственность за этот процесс.

Практически проект АС завершен только тогда, когда создана полная спецификация станции (включая детали площадки) для ее приобретения и лицензирования. Доклад [21] подчеркивает потребность в официально определяемой организации, которая несет полную ответственность за процесс проектирования, ответственность за одобрение изменений проекта и за то, чтобы поддерживать необходимое знание проекта. Доклад [21] также предлагает концепцию «ответственных проектировщиков», на которых эта официально определяемая организация могла бы возложить определенные обязанности по проектам частей станции. До заявления на получение разрешения на станцию, ответственность за проект будет лежать на организации проектировщика (например, поставщике). Как только будет сделано заявление на получение разрешения на станцию, главная ответственность за безопасность ложится на заявителя; однако детальное знание проекта будет оставаться на ответственных проектировщиках. Этот баланс изменится, как только станция начнет эксплуатироваться, так как большая часть этих детальных знаний, например, знаний, воплощенных в отчете об анализе безопасности, проектных руководствах и другой проектной документации, будет передана эксплуатирующей организации. Чтобы облегчить эту передачу знаний, структура официально определяемой организации должна быть установлена на ранней стадии.

Требования системы административного управления, которые возложены на официально определяемую организацию, также должны быть возложены на ответственных проектировщиков. Однако полная ответственность по поддержке комплексности проекта станции должна лежать на официально определяемой структуре и, следовательно, в конечном счете, на эксплуатирующей организации.

В НП-001-15 [9] нет подобной концепции. Ответственность эксплуатирующей организации на всех этапах жизненного цикла АС, включая проектирование, а также других участников создания атомной станции

установлена российским законодательством [13]. В НП-001-15 [9] эта ответственность также определена в соответствии с законодательством.

Предписывать эксплуатирующей организации форму, в какой эту ответственность следует реализовывать, вряд ли целесообразно.

3. 2. Решение вопросов безопасности в проекте

Требование 1. Ответственность за решение вопросов безопасности в проекте станции

Заявитель на получение лицензии на строительство и/или эксплуатацию АС должен нести ответственность за обеспечение того, что проект, представленный регулирующему органу, отвечает всем применимым требованиям безопасности.

Выше уже отмечалось, что в России определение требований к организациям и к их ответственности является прерогативой федеральных законов. В НП-001-15 [9] эти требования к эксплуатирующей организации и к другим вовлеченным организациям, в том числе к проектной организации конкретизируются. Они содержатся в пунктах 1.2.20 и 1.2.21 в отношении необходимости разработки программ обеспечения качества и формирования культуры безопасности. Там же оговорена обязанность эксплуатирующей организации контролировать деятельность организаций, выполняющих работы или предоставляющих услуги для АС (изыскательские, проектные, конструкторские, исследовательские, строительные, монтажные организации, поставщики систем и элементов, заводы-изготовители оборудования АС и др.).

Теперь это требование соответствует уточненному российскому законодательству, поскольку в ст. 35 Федерального закона [13] установлено, что эксплуатирующая организация обеспечивает организацию и координацию разработки и выполнения программ обеспечения качества на всех этапах создания, эксплуатации и вывода из эксплуатации ядерной

установки, радиационного источника и пункта хранения, а также контроль за выполнением этих программ.

Требование 2. Система организации работ по проектированию станции

Проектная организация должна установить и осуществлять систему организации работ по проектированию станции для обеспечения того, чтобы все требования безопасности, установленные для проекта станции, рассматривались и выполнялись на всех стадиях процесса проектирования, и чтобы они были выполнены в окончательном проекте.

В НП-001-15 [9] нет специального требования по организации проектирования АС. Однако в пунктах 1.2.20 и 1.2.21 содержатся общие требования по организации работ во всех организациях, принимающих участие в создании АС, то есть к организациям, выполняющим работы и оказывающим услуги для эксплуатирующей организации.

В п. 1.2.20 к таким организациям предъявлено требование по разработке программ обеспечения качества, которые должны включать систему организации работ и менеджмента, что детально определено в ФНП НП-090-11 [22], а в п. 1.2.21 устанавливается требование по формированию культуры безопасности путем проведения необходимого подбора, обучения и подготовки персонала в каждой сфере деятельности, влияющей на безопасность; установления и строгого соблюдения дисциплины при четком распределении персональной ответственности руководителей и исполнителей; разработки и строгого соблюдения инструкций по выполнению работ и их периодическому обновлению с учетом накапливаемого опыта, что также детально рассмотрено в РБ-129-17 [23]. Оба эти пункта практически полностью покрывают рассматриваемое требование стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

Требование 3. Безопасность станции в проекте на протяжении всего срока ее службы

Эксплуатирующая организация должна установить официальную систему для обеспечения непрерывной поддержки безопасности станции в проекте на протяжении всего срока ее службы.

Это требование, как следует из пояснительного текста, реализует представленную и рассмотренную выше концепцию «Поддержка комплексности проекта станции на протяжении всего срока ее службы».

3.3. Основные технические требования

Требование 4. Фундаментальные функции безопасности

Для всех состояний АС должно быть обеспечено выполнение следующих фундаментальных функций безопасности: управление реактивностью; отвод тепла от реактора и хранилищ топлива; удержание радиоактивных веществ, защита экранами от радиации, контроль над плановыми, а также ограничение аварийных радиоактивных выбросов и сбросов.

В связи с развитием атомной энергетики в бывшем Советском Союзе, а затем в России, и разработкой требований по обеспечению безопасности атомных станций этому термину было придано специальное значение, и он получил широкое распространение.

Особая опасность атомных электростанций и необходимость сведения к минимуму вероятности ядерных и радиационных аварий привели к формированию на атомных станциях дополнительного эшелона защиты в виде систем безопасности, работа которых не требуется для нормальной эксплуатации и которые, находясь в режиме ожидания, вступают в действие только при возникновении опасности ядерной или радиационной аварии. С

этими системами в российских требованиях по обеспечению ядерной и радиационной безопасности и связан термин «функция безопасности».

Основные функции безопасности и требование к их надлежащему выполнению установлено в п. 3.1.2 НП-001-15 [9].

Эта тема уже частично рассматривалась при обсуждении терминов и определений. При этом указывалось на различие подходов в российских нормах и правилах и в стандартах МАГАТЭ, согласно которым системы нормальной эксплуатации также выполняют функции безопасности.

Этот подход МАГАТЭ берет свое начало от американских общих проектных критериев, представленных в качестве приложения А части 50 свода положений по регулированию (CFR title 10) американской Комиссии по ядерному регулированию NRC. Эти проектные критерии были разработаны на самой ранней стадии развития атомной энергетики и в них был принят общепромышленный подход к оценке влияния систем и оборудования на безопасность. Это влияние любых конструкций, систем и компонентов (SSC – Structure, System and Component) на безопасность определяется исполняемой ими функцией безопасности. Все важные для безопасности SSC, то есть относящиеся и к системам нормальной эксплуатации, и к системам безопасности, выполняют некоторую функцию безопасности, и их важность определяется этой функцией.

На ранней стадии разработки стандартов МАГАТЭ классификация конструкций, систем и компонентов тоже строилась на основе выполняемых ими функций, что не было воспринято в бывшем Советском Союзе, а затем в России.

В России принят иной подход. Важность для безопасности систем и элементов определяется влиянием на безопасность их отказов. В этом случае подход к системам нормальной эксплуатации и к системам безопасности оказывается различным. В частности, системы и элементы нормальной эксплуатации являются важными для безопасности в тех случаях, если их отказы могут приводить к серьезным радиационным последствиям с определенной вероятностью, то есть в случае отказов

последующих эшелонов защиты. Для трубопроводов, например, такими отказами являются разрывы. И при этом не нужно им искусственно приписывать такую функцию безопасности как сохранение прочности. Системы же (элементы) безопасности, представляющие на АС третий эшелон глубокоэшелонированной защиты, отсутствующий на обычных промышленных объектах, выполняют функции безопасности предотвращая аварии и ограничивая их последствия при отказах первых двух эшелонов и возникновении опасности перерастания этих отказов в аварии. Если этот эшелон защиты работает нормально, то уровень допустимых радиационных последствий превышен не будет, то есть будет обеспечена безопасность. Этим и определяется его влияние на безопасность, а для нормальной эксплуатации, как отмечалось выше, работа систем безопасности не требуется.

Иногда, у некоторых специалистов, работающих с российскими ФНП, возникает желание трактовать российские федеральные нормы и правила таким же образом, как стандарты МАГАТЭ, в части, например, того, что системы нормальной эксплуатации также выполняют функции безопасности. Это связано с тем, что Уровень 2 глубокоэшелонированной защиты согласно НП-001-15 [9] именуется как «Предотвращение проектных аварий системами нормальной эксплуатации», а в определении функции безопасности на предотвращение аварий указано как на один из ее признаков. Однако это не так.

Согласно определению НП-001-15 [9], функция безопасности – это конкретная цель и действия, обеспечивающие ее достижение, направленные на предотвращение аварий и (или) ограничение их последствий. Исходя из необходимости решения этих задач проектируются системы безопасности в соответствии с их определением.

Конкретная цель и действия систем нормальной эксплуатации иные. Они указаны в определении систем нормальной эксплуатации. Это системы (элементы), предназначенные для осуществления нормальной эксплуатации. А нормальная эксплуатация, согласно НП-001-15 [9], это

эксплуатация АС в определенных проектом АС эксплуатационных пределах и условиях.

Таким образом функция систем нормальной эксплуатации состоит в том, чтобы обеспечивать нормальную эксплуатацию АС, предотвращая нарушения эксплуатационных пределов и условий. А если это происходит, то пытаться вернуть станцию в исходное состояние нормальной эксплуатации. Исходя из необходимости решения этих задач они и проектируются, и если им это удастся, то тем самым предотвращаются и аварии. Однако предотвращение аварий не является целью их проектирования, поэтому во многих случаях ее достичь не удастся.

Как указывалось выше, рассматриваемая позиция обусловлена тем, что в наименовании второго уровня глубокоэшелонированной защиты указывается на предотвращение проектных аварий. Однако в последующей расшифровке этого наименования указывается каким способом это должно достигаться, а именно – своевременным выявлением отклонений от нормальной эксплуатации и их устранением, а также управлением при эксплуатации с отклонениями. А это как раз и есть функции нормальной эксплуатации, о которых говорилось выше.

Вместе с тем, системы нормальной эксплуатации могут выполнять определенные функции безопасности, когда они находятся в работоспособном состоянии и их используют при авариях. Однако, как отмечалось выше, это не является их предназначением и не составляет основы для их проектирования.

Согласно НП-001-15 [9], на системы нормальной эксплуатации может возлагаться выполнение функций безопасности как, например, в п. 3.5.4. Однако в этом случае такие системы должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к системам безопасности.

В виде исключения на системы нормальной эксплуатации может возлагаться выполнение функций безопасности, если это специально оговорено в ФНП, как, например, в п. 3.1.2.

Имеющееся различие в подходах к определению функций безопасности в России и МАГАТЭ представляется оправданным, так как позволяет более четко дифференцировать требования, предъявляемые к системам и элементам разных категорий.

Требование 5. Проект радиационной защиты

Проект АС должен обеспечивать, чтобы дозы облучения рабочих на станции и населения не превышали пределов доз, чтобы в эксплуатационных состояниях на протяжении всего срока службы станции они удерживались на разумно достижимом низком уровне и оставались ниже приемлемых пределов и настолько низкими, насколько это разумно достижимо во время и после аварии.

Это требование, по существу, повторяет представленную выше концепцию радиационной защиты. Поэтому к нему относится все, что было выше сказано в отношении этой концепции. В дополнительном тексте к этому требованию в стандарте SSR-2/1 (Rev. 1) [10] повторяется приведенный выше при описании концепции безопасности в проекте принцип исключения из рассмотрения в проекте состояний станции, которые могут привести к высоким дозам облучения или большим радиоактивным выбросам и сбросам. Как было показано при обсуждении концепции безопасности в проекте выше, в НП-001-15 [9] реализуется иной подход к принципам исключения из рассмотрения в проекте и этот подход считается в России более обоснованным.

Требование 6. Проект атомной электростанции

Проект АС должен обеспечивать, чтобы станция и устройства, важные для безопасности, имели соответствующие характеристики для выполнения функций безопасности с необходимой надежностью, чтобы станцию можно было безопасно эксплуатировать в рамках пределов и

условий для эксплуатации в течение всего проектного срока службы и безопасно вывести из эксплуатации при минимальном воздействии на окружающую среду.

Это требование объединяет положения, которые более подробно рассматриваются в других требованиях стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и НП-001-15 [9] к проекту. Выполнение в рассматриваемых НД более конкретных требований к проекту атомной станции обеспечивает выполнение и этого требования.

Требование 7. Применение глубокоэшелонированной защиты

Проект АС должен включать глубокоэшелонированную защиту, уровни которой должны быть независимы настолько, насколько это реально.

В этом требовании стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] положения концепции глубокоэшелонированной защиты, подробно раскрытые ранее применительно к АС в целом, повторяются с некоторой детализацией применительно к ее проекту.

Поскольку все принципы и концепция безопасности АС в целом реализуются в ее проекте, то целесообразность такого подхода не очевидна, и он в российской нормативной практике не применяется. Содержащиеся в НП-001-15 [9] и адресованные к проекту АС и ее системам принципы и требования безопасности, по существу, и являются раскрытием концепции глубокоэшелонированной защиты в отношении АС и ее систем. Поскольку при этом охватываются все вопросы, затронутые в рассматриваемых пунктах стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], то можно заключить, что в этой части расхождений между НП-001-15 [9] и стандартом SSR-2/1 (Rev. 1) [10] нет.

Требование 8. Связь безопасности с охранными мерами и гарантиями нераспространения

Меры по обеспечению безопасности, ядерные охранные меры и меры по государственной системе учета и контроля ядерных материалов на АС должны быть разработаны и осуществлены комплексным образом так, чтобы они не наносили ущерб друг другу.

Это требование отражает новую концепцию МАГАТЭ по административному управлению различными видами деятельности, представленную в стандарте МАГАТЭ [24], согласно которому все цели деятельности должны рассматриваться в комплексе, однако приоритет должен быть за безопасностью.

В НП-001-15 [9] это установлено в требовании по п. 1.2.22, посвященном управлению в целях безопасности, и в соответствующем определении этого понятия.

Требование 9. Апробированная инженерная практика

Устройства, важные для безопасности АС, должны быть разработаны в соответствии с национальными и международными сводами правил и стандартами.

Аналогичное требование содержится в п. 1.2.7 НП-001-15 [9], согласно которому технические и организационные решения, принимаемые для обеспечения безопасности АС, должны быть апробированы прежним опытом, испытаниями, исследованиями, опытом эксплуатации, опытом эксплуатации прототипов. Такой подход должен применяться не только при разработке оборудования и проектировании АС, но и при изготовлении оборудования, сооружении и эксплуатации станции, при реконструкции АС и модернизации ее систем и элементов, а также при выводе из эксплуатации.

Требование 10. Оценка безопасности

На протяжении всего процесса проектирования АС должны выполняться всесторонние детерминистские и вероятностные оценки безопасности для обеспечения того, чтобы все требования безопасности к проекту станции были выполнены для всех стадий ее жизненного цикла и подтверждения того, что проект в представленном виде отвечает требованиям к изготовлению и строительству, а также для построенной, эксплуатируемой и модифицированной станции.

В НП-001-15 [9] включены развернутые требования к объему анализов безопасности, выполняемых в процессе проектирования станции и представляемых в ООБ АС. Так в п. 1.2.9 НП-001-15 [9] установлено, что в ООБ АС должны представляться детерминистические и вероятностные анализы безопасности (последние должны включать ВАБ второго уровня). Анализы безопасности должны быть выполнены для всех эксплуатационных состояний АС и учитывать все имеющиеся на АС места нахождения ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, в которых может возникнуть нарушение нормальной эксплуатации АС (реактор, бассейн выдержки, хранилища и другие).

Требования, которые учитываются при анализах проектных и запроектных аварий последовательно изложены в пунктах 1.2.12 – 1.2.19 НП-001-15 [9].

Требование 11. Меры по обеспечению строительства

Устройства, важные для безопасности АС, должны быть разработаны так, чтобы они могли быть изготовлены, построены, собраны, установлены и сооружены в соответствии с принятыми процессами, которые обеспечивают достижение проектных характеристик и необходимого уровня безопасности.

Это еще одно тривиальное требование стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. Любой нормальный проект разрабатывается так, чтобы его можно было реализовать. Что же касается учета опыта строительства, то здесь повторяется требование о применении апробированной практики, отраженное в п.1.2.7 НП-001-15 [9], в том числе и для строительства.

Требование 12. Меры по облегчению обращения с радиоактивными отходами и вывода станции из эксплуатации

На стадии проектирования АС особое внимание должно уделяться применению мер, облегчающих обращение с радиоактивными отходами, вывод из эксплуатации и демонтаж станции в будущем.

В НП-001-15 [9] вопросам вывода блока АС из эксплуатации посвящена специальная глава V, в п. 5.1 которой установлено, что планирование вывода АС (блока АС, иных ОИАЭ, находящихся на площадке АС) из эксплуатации должно осуществляться при размещении, проектировании, сооружении, а также при эксплуатации АС.

Естественно, что одним из основных вопросов при этом является вопрос о количестве образующихся радиоактивных отходов и способах обращения с ними при различных состояниях и технологических режимах работы станции. Всем этим вопросам посвящен специальный российский нормативный документ на уровне ФНП [25], в котором учитываются все вопросы, затронутые в приведенном выше требовании стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. В качестве одного из принципов деятельности по обращению с радиоактивными отходами, в этом документе установлен принцип минимизации образования и накопления радиоактивных отходов.

3.4. Общий проект станции

3.4.1. Проектные основы

Требование 13. Категории состояний станции

Состояния АС должны быть идентифицированы и сгруппированы в ограниченное число категорий, прежде всего, на основе частоты их возникновения.

В дополнительном тексте к этому требованию установлено, что состояния станции должны включать:

- нормальную эксплуатацию;
- ожидаемые при эксплуатации события, возникновение которых ожидается в течение срока службы станции;
- проектные аварии;
- состояния расширенного проекта, включая аварии с тяжелыми повреждениями активной зоны.

В российских НД фигурируют почти такие же состояния станции. Это: нормальная эксплуатация, эксплуатация с отклонениями, предаварийная ситуация, проектные аварии и запроектные аварии.

Вместе с тем здесь имеются и различия, которые частично отмечались выше при рассмотрении соответствующей терминологии.

Первое различие, которое здесь следует отметить, это то, что указанные категории выделяются по частоте их возникновения. В российской практике категоризация состояний станции осуществляется не на основе их частоты возникновения, а на основе степени нарушения условий нормальной эксплуатации станции, то есть на основе детерминистического, а не вероятностного подхода. Вместе с тем, вероятностные характеристики этих состояний также используются, например, в соответствии с требованиями правил ядерной безопасности

НП-082-07 [26] – в целях классификации проектных и запроектных аварий по частоте возникновения и по тяжести последствий, а также они фигурируют в руководстве по безопасности [27] для определения значимости выявленных отступлений от норм и правил при модернизации действующих энергоблоков АС, или при переоценке их безопасности.

Российская «эксплуатация с отклонениями» отличается от «ожидаемых эксплуатационных событий, возникновение которых ожидается в течение срока службы станции» по МАГАТЭ, тем, что в последних могут быть нарушены пределы безопасной эксплуатации, в то время как в «эксплуатацию с отклонениями» такие нарушения не включаются.

Российские «предаварийные ситуации» включают нарушения пределов безопасной эксплуатации по технологическим параметрам, не являющихся радиационными. Вместе с «эксплуатацией с отклонениями» они равны «ожидаемым эксплуатационным событиям, возникновение которых ожидается в течение срока службы станции» по МАГАТЭ. Хотя, если судить только по признаку частоты возникновения, то в эту категорию могут попасть и аварии. Это говорит о несовершенстве этого вероятностного признака в отличие от чисто детерминистического признака НП-001-15 [9].

Категория проектных аварий именуется одинаково в НП-001-15 [9] и в стандартах МАГАТЭ. Однако и здесь есть разница. В определении НП-001-15 [9] четко оговорено, что аварийные состояния для проектных аварий выводятся из исходных событий на основе принципа единичного отказа. В определении МАГАТЭ речь идет об аварийных состояниях, для которых предусмотрены средства в соответствии с установленными критериями и консервативной методологией и при которых выбросы радиоактивных веществ удерживаются в приемлемых пределах.

Сказанное в определении МАГАТЭ не может служить признаком для отбора проектных аварий. Это скорее требование к тому, как такие аварии должны рассматриваться в проекте. А отбираются такие аварии из

постулируемых исходных событий по признаку частоты их возникновения, как было указано выше. Именно поэтому в требовании 20 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] сказано, что там, где результаты инженерных оценок, детерминистических и вероятностных оценок безопасности указывают, что комбинации событий могут привести к ожидаемым эксплуатационным событиям или к условиям аварии, такие комбинации событий должны быть рассмотрены как проектные аварии, или включены как часть состояний расширенного проекта в зависимости, главным образом, от их вероятности. При таком подходе круг рассматриваемых проектных аварий и способ их постулирования становится неопределенным.

Принцип единичного отказа, на основе которого отбираются проектные аварии в российской практике, является строго детерминистическим. Он позволяет рассмотреть все возможные исходные события и отобрать из них для последующего анализа и разработки необходимых защитных мер те, для которых возможны радиационные последствия, превышающие установленные критерии для проектных аварий. Возможное число таких аварий ограничено и поддается учету в проекте. Комбинации же событий в российской практике также учитываются, но только те, которые включены в требования ФНП. Вместе с тем, комбинация других независимых событий с уровнем их совместной вероятности, соответствующим уровню вероятностей проектных аварий также возможна. Однако это будет говорить лишь о недостаточной надежности каких-либо систем или элементов, с отказами которых такая комбинация событий связана, и указывает на необходимость повышения надежности таких систем или элементов конструктивными, или другими техническими мерами. Представляется, что такой подход является более обоснованным и предпочтительным и он не был изменен из соображений гармонизации при обновлении ОПБ АС.

Следующее серьезное различие относится к российским «запроектным авариям» и «состояниям расширенного проекта, включая

аварии с плавлением активной зоны» по МАГАТЭ.

Термин «запроектные аварии» был введен Международной консультативной группой по ядерной безопасности МАГАТЭ (INSAG) после чернобыльской аварии при разработке новой, пятиуровневой концепции глубокоэшелонированной защиты. В российской практике он заменил понятие «гипотетические аварии», которые не рассматривались в проекте из-за их крайне малой вероятности. Авария, которая произошла в 1986 г. на Чернобыльской АЭС, относилась именно к этой категории.

В соответствии с НП-001-15 [9], для запроектных аварий, которые не исключены на основе свойств внутренней самозащищенности реактора и принципов его устройства, должны быть разработаны технические и (или) организационные меры по управлению такими авариями независимо от их вероятности. Технические меры, именуемые в НП-001-15 [9] специальными техническими средствами для управления запроектными авариями, применяются для того, чтобы ограничить вероятность большого выброса, при котором возникает необходимость выполнения мер защиты населения на границе зоны планирования защитных мероприятий и за ее пределами.

В соответствии с нормами безопасности МАГАТЭ, как отмечалось выше, состояния расширенного проекта представляют собой еще один набор рассматриваемых в проекте аварий, отличающихся от проектных возможным числом отказов, тяжестью последствий и реалистичной методологией анализов. При этом, подход к выбору такого набора аварийных состояний в стандартах МАГАТЭ по безопасности не определен. Другие подобные аварийные состояния, не рассматриваемые в проекте, считаются исключенными из-за их крайне малой вероятности с высоким уровнем доверия. Здесь, как уже отмечалось выше, явно просматривается аналогия такого принципа исключения с существовавшей до чернобыльской аварии, но не оправдавшей себя на практике, концепцией гипотетических аварий. По этой причине в НП-001-15 [9] категория «запроектных аварий» осталась такой, какой она была введена Международной консультативной группой по ядерной безопасности

МАГАТЭ (INSAG) после чернобыльской аварии, а категория состояний расширенного проекта не используется.

Интересно отметить, что термин «запроектные аварии (beyond design basis accident)» в глоссарии МАГАТЭ после его обновления в 2016 г. сохранился. Как отмечалось выше, он определен как постулированная авария с условиями более тяжелыми, чем при проектной аварии: то есть также как в российских нормах и правилах – без ограничения масштабов последствий.

Требование 14. Проектные основы устройств, важных для безопасности

Проектные основы устройств, важных для безопасности, должны определять необходимую способность, надежность и функциональные возможности для соответствующих эксплуатационных состояний, условий аварии и условий, являющихся результатом внутренних и внешних опасностей, а также удовлетворять определенным приемочным критериям в течение всего срока службы АС.

Термин «проектные основы» в российской нормативной практике, кроме НД [28] и упоминания в п. 1.2.8 НП-001-15 [9], почти не применяется. В глоссарии [29] он определен как диапазон условий и событий, явно учитываемых в проекте установки в соответствии с установленными критериями таким образом, что при нормальной работе систем безопасности установка может противостоять им без превышения разрешенных пределов. В НД [28] этот термин не определен, но каждая глава, посвященная описанию оборудования, начинается с раздела «Проектные основы», в котором излагаются основные положения проекта описываемого оборудования, соответствующие рассматриваемому требованию стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

Требование 15. Проектные пределы

Для всех эксплуатационных состояний АС и для условий аварий должен быть определен ряд проектных пределов, совместимых с ключевыми физическими параметрами для каждого устройства, важного для безопасности.

Российские нормы и правила также содержат такое понятие, как проектные пределы. Согласно определению данного понятия в НП-001-15 [9], это значения параметров и характеристик состояния систем (элементов) и АС в целом, установленные в проекте для нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации, включая предаварийные ситуации и аварии. Они устанавливаются в проекте АС в соответствии с положениями ФНП или по самостоятельным решениям разработчиков проекта для всех состояний АС в качестве показателей необходимости выполнения тех или иных действий с помощью автоматики или оперативным персоналом АС при ее эксплуатации. Проектные пределы включают:

- эксплуатационные пределы;
- пределы безопасной эксплуатации;
- уставки для срабатывания систем безопасности и других защитных устройств;
- пределы повреждения топлива и другие установленные для аварий пределы.

Интересно отметить, что в глоссарии МАГАТЭ [12] нет термина «проектные пределы» (design limits). Есть определение термина «предел» (limit) и множество его сочетаний с другими определяющими его прилагательными.

Требование 16. Постулируемые исходные события

В проекте АС должен быть применен системный подход для идентификации всестороннего набора постулируемых исходных событий так, чтобы все предвидимые события с возможностью серьезных последствий и все предвидимые события с существенной частотой были ожидаемы и рассматривались в проекте.

В российской системе НД применяется примерно такой же подход. В п. 1.2.14 НП-001-15 [9] установлено, что перечень исходных событий, на основе анализа которых обосновывается безопасность АС и который представляется в ООБ АС, должен включать все возможные внутренние и внешние события, которые нарушают нормальную эксплуатацию АС и не исключены на основе свойств внутренней самозащищенности реактора и принципов его устройства. Сочетания отказов систем (элементов) АС, ошибок персонала, внутренних или внешних воздействий учитываются в составе указанного перечня исходных событий в случаях, предусмотренных требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии. Исходные события для анализа аварий тоже постулируются, но определение «постулируемые» при этом не используется.

Имеется еще одна особенность российского подхода. В п. 1.2.15 НП-001-15 [9] установлено, что допускается не включать в перечень исходных событий для анализа проектных аварий, представляемый в ООБ АС, внутренние события, имеющие оцененную вероятность возникновения на интервале в один год 10^{-6} или ниже. Это дает разработчикам проекта объективный инструмент для исключения малозначащих событий из рассматриваемого перечня.

Требование 17. Внутренние и внешние опасности

Все предвидимые внутренние и внешние опасности, включая возможные события, вызванные человеком, прямо или косвенно затрагивающие безопасность АС, должны быть идентифицированы, а их эффекты оценены. Опасности рассматриваются при планировке станции и для определения постулируемых исходных событий и вызванных ими нагрузок, используемых в проекте соответствующих устройств, важных для безопасности станции.

В НП-001-15 [9] необходимость защиты от внешних опасностей, таких как землетрясения, ураганы, смерчи, наводнения и иные явления, возможные в районе площадки АС, а также от внутренних опасностей, таких как возможные гидравлические, механические, тепловые, химические и прочие воздействия, возникающие в результате аварий, при которых требуется работа рассматриваемых систем и элементов, предусмотрена п. 3.1.8 НП-001-15 [9]. Требования к учету внешних воздействий сформулированы в ФНП [30].

Необходимость защиты от пожаров установлена в пунктах 1.2.29 и 3.1.7, 3.7.1 и 4.5.5. НП-001-15 [9]. В первом из этих пунктов установлено общее требование предусматривать в проекте АС технические и организационные меры для обеспечения пожарной безопасности АС. В п. 3.1.7, относящемся к разделу проектных решений, установлено, что проектом АС должны быть предусмотрены необходимые и достаточные средства для противопожарной защиты АС, включая средства обнаружения и тушения горения замедлителя и теплоносителя. При этом должен быть обеспечен автоматизированный режим работы систем тушения пожаров с момента подачи напряжения на оборудование блока АС при проведении предпусковых наладочных работ. В п. 3.7.1, относящемся к обеспечивающим системам безопасности установлено, что системы противопожарной защиты, обеспечивающие необходимые условия

функционирования систем безопасности, могут относиться к обеспечивающим системам безопасности с распространением на них соответствующих требований. Это зависит от конкретного размещения систем безопасности в пожарных отсеках и имеющегося в них количества горючих материалов и регламентируется специальными НД [31] и [32], которые разрабатывает и контролирует специализированный регулирующий орган – Главное управление Государственной противопожарной службы МЧС России. Принципы безопасности, реализованные в этих документах, соответствуют ОПБ АС и стандартам МАГАТЭ. Пункт 4.5.5 НП-001-15 [9] относится к разделу эксплуатации и рассмотрен ниже.

Что касается других внутренних событий, то в российских нормах и правилах так же, как и стандарте SSR-2/1 (Rev. 1) [10], более конкретные требования к ним не установлены, за исключением случая с биением труб под воздействием реактивных сил. По отношению к такому случаю в п. 2.5.5 в правилах ядерной безопасности [26] указано, что трубопроводы первого контура РУ должны быть оборудованы специальными устройствами для предотвращения недопустимых перемещений при воздействии на них возникающих при разрывах реактивных усилий.

Требование 18. Технические правила проектирования

Должны быть определены технические правила проектирования устройств, важных для безопасности АС, удовлетворяющие соответствующим национальным или международным сводам правил и стандартам, а также апробированной инженерной практике с должным учетом их применимости к технологиям ядерной энергетики.

Аналогичный подход реализуется и в системе российских НД. Так, в пунктах 1.1.2 и 3.1.1 НП-001-15 [9] установлено, что основные принципы, технические и организационные меры обеспечения безопасности АС должны соответствовать ФНП в области использования атомной энергии, а

также другим НД в части, не противоречащей федеральным нормам и правилам в области использования атомной энергии.

В случаях, когда необходимые нормативные правовые акты отсутствуют, предлагаемые конкретные технические решения устанавливаются и обосновываются в проекте в соответствии с современным уровнем развития науки, техники и производства.

Указанное положение НП-001-15 [9] реализуется в ФНП по обеспечению качества [22], предусматривающем включение в программы обеспечения качества по любому виду деятельности, в том числе по проектированию, специального раздела с перечнем НД, принятых для осуществления данной деятельности с необходимым качеством.

Требование 19. Проектные аварии

Из постулируемых исходных событий должен быть получен ряд аварийных состояний, которые необходимо рассмотреть в проекте для установления ограничивающих условий для АС, чтобы противостоять им без превышения приемлемых пределов радиационной защиты.

В НП-001-15 [9] (пункты 1.2.12, 1.2.14 и 1.2.15) в основном реализуется такой же подход к проектным авариям. Аварии выводятся из анализа отказов или ошибок операторов, отдельные из которых могут приводить к проектным авариям. Предусматриваются необходимые технические средства для предотвращения аварий и ограничения их последствий установленными пределами. Проектные аварии используются для определения проектных основ систем безопасности.

Вместе с тем имеются и некоторое различие. В определениях НП-001-15 [9] четко оговорено, что аварийные состояния для проектных аварий выводятся из постулированных исходных событий на основе принципа единичного отказа. В определениях МАГАТЭ речь идет о вероятностных критериях, о чем говорилось выше.

Требование 20. Состояния расширенного проекта

С целью дальнейшего улучшения безопасности АС на основе инженерных, детерминистских и вероятностных оценок должен быть получен ряд состояний расширенного проекта, увеличивая способность станции противостоять без недопустимых радиологических последствий авариям, которые являются более серьезными, чем проектные аварии, или включают дополнительные отказы. Эти состояния расширенного проекта используются для идентификации дополнительных сценариев аварий, которые должны быть рассмотрены в проекте, и для планирования реальных мер по предотвращению таких аварий или ослаблению их последствий, если они произойдут.

Состояния расширенного проекта в качестве нового термина уже рассматривались выше, в разделе терминологии. Приведенное выше изложение требования 20 стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и дополнительный текст, разъясняющий порядок его применения, подтверждают сделанный при анализе терминологии вывод о том, что состояния расширенного проекта представляют собой еще один набор рассматриваемых в проекте аварий, отличающихся от проектных возможным числом отказов, тяжестью последствий и реалистичной методологией анализов. При этом, подход к выбору такого набора аварийных состояний остался неопределенным. Другие подобные аварийные состояния, не рассматриваемые в проекте, считаются исключенными на основе принципа исключения, который также обсуждался выше. Там же говорилось об аналогии этого принципа исключения с существовавшей до чернобыльской аварии, но не оправдавшей себя на практике, концепцией гипотетических аварий.

Таким образом, переход от существовавшей в предшествующем стандарте МАГАТЭ NS-R-1 концепции запроектных аварий с их неограниченным количеством к концепции состояний расширенного

проекта с ограниченным набором числа учитываемых в проекте аварий приведет на практике к снижению безопасности, так как значительное число маловероятных аварий останется за бортом рассмотрения в проекте.

С этой точки зрения концепция запроектных аварий прежнего стандарта МАГАТЭ по проектированию АС и НП-001-15 [9] является более прогрессивной, так как ни одна авария не исключается из рассмотрения в проекте по не очень надежному признаку ее малой вероятности. По вероятностному признаку дифференцируется лишь характер учета аварий в проекте.

Согласно требованию НП-001-15 [9] по п. 1.2.19 для запроектных аварий, которые не исключены на основе свойств внутренней самозащищенности реактора и принципов его устройства, независимо от их вероятности, должны быть разработаны организационные меры по управлению такими запроектными авариями, включая меры по снижению радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду.

В случаях, когда для запроектных аварий не выполняется требование п.1.2.17, должны разрабатываться, так называемые, дополнительные технические решения по снижению выброса радиоактивных веществ в окружающую среду, включая специальные технические средства для управления запроектными авариями с целью снижения вероятности возникновения аварий и ослабления их последствий.

Разработка руководства по управлению авариями при этом должна производиться на основе представительных сценариев, предложения по выбору которых содержатся в ФНП [28] и более детально в РБ-150-18 [31].

В пояснительном тексте к требованию 20 стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] содержится еще один вопрос, который необходимо обсудить. Речь идет о комбинации событий. Согласно указаний этого текста, разъясняющего порядок применения требования 20 стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], комбинированные события, если они являются независимыми друг от друга, следует относить к проектным авариям или к состояниям расширенного проекта в соответствии с вероятностью их возникновения.

Целесообразность такого подхода является сомнительной, ибо это означало бы переход от в основном детерминистского нормирования безопасности с поддержкой вероятностными методами к вероятностному нормированию, что пока преждевременно.

Вместе с тем, комбинация независимых событий с уровнем их совместной вероятности соответствующим уровню вероятностей проектных аварий возможна. Однако это будет говорить лишь о недостаточной надежности каких-либо систем или элементов, с отказами которых такая комбинация событий связана, и указывать на необходимость повышения надежности таких систем или элементов конструктивными, или другими техническими мерами.

Требование 21. Физическое разделение и независимость систем безопасности

Взаимное влияние между системами безопасности или между избыточными элементами системы должно быть надлежащим образом предотвращено такими средствами, как физическое разделение, электрическая изоляция, функциональная независимость и независимость коммуникаций.

В НП-001-15 [9] в требовании по п. 3.1.8 установлено, что важные для безопасности системы и элементы, должны быть способны выполнить свои функции в установленном проекте объеме при возможных гидравлических, механических, тепловых, химических и прочих воздействиях, возникающих в результате проектных аварий. Поскольку такие воздействия могут возникнуть при отказах в процессе развития аварии соответствующих элементов, то от них необходимо защищаться.

Это требование НП-001-15 [9] является даже более жестким, чем требование 21 стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], так как определение способа, каким следует решать эту проблему оставлено за эксплуатирующей организацией, несущей всю полноту ответственности за безопасность АС.

Вместе с тем в п.3.1.9 НП-001-15 [9], посвященном защите от отказов по общей причине, прямо указано на реализацию принципов разнообразия, резервирования (избыточности) и независимости.

Требование 22. Классификация в целях безопасности

Все устройства, важные для безопасности должны быть идентифицированы и классифицированы на основе их функции и значения для безопасности.

Классификация систем и элементов технических устройств играет очень важную роль при их проектировании, изготовлении и эксплуатации. Она позволяет предъявлять к различным системам и элементам дифференцированные требования, обеспечивая их функционирование наилучшим образом и достижение целей, для которых технические устройства были созданы.

В ранних стандартах МАГАТЭ классификация конструкций, систем и компонентов базировалась исключительно на функциональном подходе. При разработке ОПБ АС в бывшем Советском Союзе этот подход, как отмечалось выше, воспринят не был и за основу классификации был принят подход, основанный на оценке влияния отказов систем и элементов на безопасность, то есть на оценке последствий, к которым могут привести отказы тех или иных систем и элементов.

С тех пор стандарты МАГАТЭ совершенствовались, в том числе, и в отношении классификации. Сейчас в рассматриваемом требовании 22 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] в пояснительном тексте к этому требованию конкретизированы характеристики требуемой классификации. Она должна строиться с учетом таких факторов как:

- функция безопасности, которая будет выполнена устройством;
- последствия отказа выполнить функцию безопасности;
- частота, с которой устройство будет востребовано, чтобы выполнить функцию безопасности;

– время после постулируемого исходного события, или период, в течение которого устройство будет востребовано, чтобы выполнить функцию безопасности.

Теперь, по крайней мере, в части требований подходы стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и НП-001-15 [9] сблизились. Однако в реализации этих подходов сохранились различия.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] приведены требования к классификации по безопасности АС, однако сама классификация не приводится. В требовании 22 установлено, что все устройства, важные для безопасности должны быть идентифицированы и классифицированы на основе их функции и значения для безопасности. При этом в пояснительном тексте указано, что метод классификации по влиянию на безопасность устройств, важных для безопасности, должен базироваться, прежде всего, на детерминистских методах, дополненных там, где это уместно, вероятностными методами с должным учетом приведенных выше факторов.

Уже этих факторов слишком много для одной классификации. А еще нужно учесть такие условия эксплуатации как доступность для технического обслуживания, ремонтпригодность, сейсмостойкость, необходимость защиты охранными мерами и другие подобные характеристики. Поэтому в НП-001-15 [9] предусмотрена многоступенчатая классификация систем и элементов, как и должно быть в системе нормативных документов, построенных по иерархическому принципу.

В НП-001-15 [9] системы и элементы АС различаются по назначению, по влиянию на безопасность и по характеру выполняемых ими функций безопасности. По назначению системы и элементы АС разделяются на системы и элементы нормальной эксплуатации и системы и элементы безопасности. По влиянию на безопасность системы и элементы АС разделяются на важные для безопасности и не влияющие на безопасность. По характеру выполняемых функций безопасности системы и элементы разделяются на защитные, локализирующие, обеспечивающие и управляющие. Для всех этих категорий в НП-001-15 [9] кроме общих

требований предусмотрены дифференцированные требования. При этом для элементов АС по влиянию на безопасность установлено четыре класса безопасности.

Кроме этого, НП-001-15 [9] предусматривает формирование других классификаций систем и элементов АС, устанавливаемых в нормативных документах, регламентирующих их устройство и эксплуатацию. При этом требования к качеству элементов АС устанавливаются в соответствии с их классом безопасности таким образом, чтобы более высокому классу безопасности соответствовали более высокие требования к качеству и его обеспечению. Признаки классификации систем и элементов АС, установленные в НП-001-15 [9], должны учитываться при формировании других классификаций, а другие признаки этих классификаций устанавливаются в соответствии с комплексом нормируемых нормативными документами характеристик этих систем и элементов.

Другие классификации, учитывающие набор характеристик, о которых говорилось выше, могут также устанавливаться и в отношении влияния на безопасность, если требований, установленных в ОПБ АС, оказывается недостаточно для их проектирования, изготовления и эксплуатации. Однако они не должны дублировать и не должны противоречить классификации ОПБ АС. Они должны исходить из нее и развивать ее там, где это необходимо.

Таким образом, классификация сложных технических систем, требования к которым регламентируются набором определенных нормативных документов, организованных по иерархической структуре, неизбежно должна быть многоступенчатой. При этом исходная классификация формируется в НД наиболее высокого уровня иерархии и развивается в документах следующего уровня. Неприемлемо, когда в документах следующего уровня иерархии начинает формироваться независимая классификация, не учитывающая исходную классификацию НД более высокого уровня иерархии.

К сожалению, в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] несмотря на то, что он построен примерно на такой же группировке конструкций, систем и компонентов, как и НП-001-15 [9], ничего не сказано о том, что это и есть исходная классификация. Вместо этого требования, о которых говорилось выше, сформулированы к некоей самостоятельной классификации. К настоящему времени такая классификация разработана в Руководстве по безопасности МАГАТЭ SSG-30 [34]. Однако ее практическое применение затруднено ввиду недостатков, отмеченных выше.

В рассматриваемом требовании стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10], посвященном классификации, разделение конструкций, систем и компонентов по назначению и характеру выполняемых ими функций не проводится. Тем не менее, такое разделение содержится в глоссарии [12] в виде структурной схемы при определении термина «оборудование станции». При этом так же, как и в НП-001-15 [9], все устройства станции разделяются на «устройства, важные для безопасности» и «устройства, не важные для безопасности». В свою очередь «устройства, важные для безопасности» разделены на «системы безопасности» и «устройства, связанные с безопасностью». Последние включают устройства, важные для безопасности, но не относящиеся к системам безопасности. В российской системе НД такие устройства относятся к системам и элементам нормальной эксплуатации.

Используемый в стандартах МАГАТЭ термин «устройства, связанные с безопасностью» (safety related items) нельзя признать удачным, ибо все устройства, важные для безопасности, связаны с безопасностью. Этот термин имеет американское происхождение. Однако там он трактуется правильно и включает также системы безопасности.

В переводах стандартов МАГАТЭ на русский язык для этого термина можно встретить использование русского термина «устройства нормальной эксплуатации» или термина «другие устройства, связанные с безопасностью», имея в виду другие связанные с безопасностью устройства кроме систем безопасности.

В стандартах МАГАТЭ системы безопасности разделены на три группы по характеру выполняемых функций, а не на четыре, как в НП-001-15 [9]. Это «системы защиты», «исполнительные системы безопасности» и «обеспечивающие системы безопасности». Здесь выделены «системы защиты», а не «управляющие системы безопасности», как в НП-001-15 [9], потому что в некоторых странах-членах МАГАТЭ, а соответственно и в стандартах МАГАТЭ, не все устройства управления выделены в отдельную группу «управляющих систем безопасности», как в НП-001-15 [9], отдельные из них оставлены в составе исполнительных и обеспечивающих систем безопасности.

Несмотря на представленные различия подходов к классификации в обеих системах НД, принятые подходы к классификации сходны друг с другом в том отношении, что принимают за основу влияние на безопасность последствий отказов или невыполнения функций безопасности. Вместе с тем российская классификация представляется более предпочтительной, так как опираясь только на последствия отказа элемента является более простой.

Требование 23. Надежность устройств, важных для безопасности

Надежность устройств, важных для безопасности, должна быть соразмерна с их значением для безопасности.

Необходимость уделять внимание устройству и надежности систем и элементов, важных для безопасности, установлена в пунктах. 1.2.10, 3.1.17, 3.4.1.2, 3.4.3.1 и 3.7.2 НП-001-15 [9].

Требование 24. Отказы по общим причинам

В проекте оборудования необходимо учитывать должным образом возможность отказов по общим причинам устройств, важных для безопасности, для определения того, как должны быть применены

такие концепции как разнообразие, избыточность, физическое разделение и функциональная независимость для достижения необходимой надежности.

В требовании 24 стандарте SSR-2/1 (Rev. 1) [10] с целью защиты от отказов по общим причинам в числе других указано на применение таких методов как разнообразие, физическое разделение и функциональную независимость для достижения необходимой надежности. Однако в отличие от НП-001-15 [9] (п. 3.1.9) это требование распространяется на устройства, важные для безопасности в то время, как НП-001-15 [9] требует применения такой защиты только в отношении систем и элементов безопасности и специальных технических средств для управления авариями. Вопрос же применения такой защиты в отношении систем и элементов нормальной эксплуатации должна решать эксплуатирующая организация по своему усмотрению, поскольку это вопрос в большей мере экономический, чем безопасности.

Требование 25. Критерий единичного отказа

Критерий единичного отказа должен быть применен к каждой группе безопасности, включенной в проект станции.

В НП-001-15 [9] этот критерий именуется как принцип единичного отказа. Он содержится в разделе общих критериев и принципов (п. 1.2.12), т.к. он одинаково применяется ко всем системам безопасности и составляет детерминистическую основу проекта. В стандартах МАГАТЭ он в большей мере освещается как конкретный принцип или требование в отношении различных систем. В применении этого принципа между стандартами МАГАТЭ и НП-001-15 [9] есть некоторая разница, на которой следует остановиться более подробно.

Как следует из определения требования 25 в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], принцип единичного отказа, именуемый критерием единичного отказа, применяется ко всем группам безопасности,

включенным в проект. При этом, группа безопасности в глоссарии [12] определена как набор оборудования, необходимый для каждого конкретного исходного события для того, чтобы не превысить пределы, установленные для ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий. В этот набор входят системы безопасности, и может входить некоторое другое оборудование. Если это так, то к этому другому оборудованию тоже должен применяться критерий единичного отказа.

При российском подходе в эту группу могут быть включены только системы безопасности и именно на эти системы возлагается требование обеспечить не превышение установленных пределов для проектных аварий. В таком случае в термине «группа безопасности» нет необходимости. Он лишний и вносит только путаницу. Такой термин имеет смысл в том случае, если в группу безопасности разрешить включать технологические защиты и блокировки, относящиеся к системам нормальной эксплуатации. Однако в российской практике такое разрешение оговаривается в общих положениях обеспечения безопасности особо, как исключение, сделанное, например, в требовании по п. 3.1.2. В других случаях при анализах проектных аварий технологические защиты и блокировки, относящиеся к системам нормальной эксплуатации, по условиям консерватизма принимаются в состоянии наиболее неблагоприятном для анализируемой аварии.

В соответствии со стандартом МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] технологические защиты и блокировки, относящиеся к системам нормальной эксплуатации, могут включаться в группу безопасности. Это обстоятельство, а также то, что в стандартах МАГАТЭ проектные аварии отбираются по частоте возникновения, о чем говорилось выше, практически сводит на нет детерминизм в применении принципа единичного отказа, заменяя его вероятностным подходом. В России замена детерминистических подходов вероятностными пока считается преждевременной.

Нужно отметить еще некоторые различия российских норм с нормами безопасности МАГАТЭ. Требованием 25 стандарта МАГАТЭ

SSR-2/1 (Rev. 1) [10], как указано в пояснительном тексте, установлено, что проектом должны учитываться должным образом отказы пассивных компонентов, если с высоким уровнем доверия не было обосновано в анализе единичных отказов, что отказ такого компонента является очень маловероятным и что его функция осталась бы незатронутой постулируемым исходным событием. В НП-001-15 [9] для учета отказа пассивного элемента указана его вероятность 10^{-3} , выше которой он должен учитываться.

Вместе с тем, в НП-001-15 [9] для активных элементов и элементов с движущимися частями в отдельных случаях, когда показан высокий уровень их надежности или систем, в которые они входят, или в период вывода элементов (системы) из работы на установленное время для технического обслуживания и ремонта их отказы могут не учитываться. При этом, уровень надежности считается высоким, если показатели надежности таких элементов не ниже показателей надежности наиболее надежных пассивных элементов систем безопасности, не имеющих движущихся частей. Допустимое время вывода из работы элемента для технического обслуживания и ремонта определяется на основе анализа надежности системы, в которую он входит, либо на основе вероятностного анализа и устанавливается в проекте. Кроме этого, НП-001-15 [9] требует применения принципа единичного отказа не только к отказам элементов, но и к ошибкам персонала.

Требование 26. Проектирование безопасных отказов

Концепция безопасного отказа должна быть включена, если это приемлемо, в проект систем и компонентов, важных для безопасности.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] формулировка концепции безопасного отказа изменилась по сравнению с предшествующим стандартом NS-R-1, в котором для систем и компонентов, важных для безопасности, требовалось применение в надлежащих случаях принципа

отказобезопасного проектирования: если происходит отказ системы или компонента, то системы станции должны переходить в безопасное состояние, без необходимости осуществления каких-либо действий.

Теперь, как указано в пояснительном тексте к требованию 26 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], необходимо, чтобы системы и компоненты, важные для безопасности, были разработаны так, чтобы их отказ или отказ обеспечивающих устройств не предотвращал выполнение предусмотренной функции безопасности. Такая формулировка изменяет смысл рассматриваемого принципа.

В НП-001-15 [9] осталась прежняя формулировка принципа безопасного отказа, соответствующая приведенной выше для стандарта NS-R-1, применение которого требуется в соответствии с п. 3.1.10.

Требование 27. Обеспечивающие сервисные системы

Системы, которые обеспечивают возможность работы оборудования, являющегося частью систем, важных для безопасности, должны быть классифицированы соответственно.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] кроме этого требования имеется целый раздел, посвященный обеспечивающим и вспомогательным системам в разделе конкретных систем станции.

Рассматриваемое требование стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] сформулировано в отношении всех систем важных для безопасности, т. е. как в отношении систем нормальной эксплуатации, так и в отношении систем безопасности. В НП-001-15 [9] аналогичные требования установлены только в отношении обеспечивающих систем безопасности. Они содержатся в пунктах 3.7.1 и 3.7.2 специального раздела 3.7, посвященного обеспечивающим системам безопасности. Кроме указанных требований, в п. 3.7.3 НП-001-15 [9] предъявляется требование, чтобы выполнение обеспечивающими системами безопасности возложенных на них функций имело безусловный приоритет в отношении действия

внутренних защит элементов обеспечивающих систем безопасности, если это не приводит к более тяжелым последствиям для безопасности. Перечень неотключаемых внутренних защит элементов, обеспечивающих систем безопасности должен быть обоснован в проекте АС.

Указанное выше различие стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и НП-001-15 [9] обусловлено тем, что на российских АС системы, важные для безопасности, не являющиеся системами безопасности, относятся к системам нормальной эксплуатации, для которых вопросы надежности решаются эксплуатирующей организацией, главным образом исходя из экономических соображений.

Требование 28. Пределы и условия для безопасной эксплуатации

Проект должен установить ряд пределов и условий для безопасной эксплуатации АС.

Пределы и условия безопасной эксплуатации и меры по их обеспечению, установлены в пунктах 1.2.6 и 1.2.11 общих критериев и принципов НП-001-15 [9] и затрагивают как условия нормальной эксплуатации, так и аварийные условия, включая запроектные аварии.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] эти вопросы в самом общем виде частично отражены в требовании 15, посвященном проектным пределам и в требовании 28, посвященном пределам и условиям для эксплуатации. Более подробно они рассматриваются в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

Что касается технических мер по поддержанию проектных пределов, то в отношении проектных аварий они рассмотрены в требовании 19 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], а в отношении более тяжелых аварий – в требовании 20, посвященном состояниям расширенного проекта.

В требовании 28 стандарта SSR 2/1 (Rev. 1) [10] и в требовании 6 стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] используется термин «Operational limits and conditions», который обычно переводится на русский язык

неприемлемым образом, даже в официальном переводе. Обычно он переводится дословно как «Эксплуатационные пределы и условия». Однако для России такой перевод является неприемлемым, так как в российской системе нормативных документов термин «Эксплуатационные пределы и условия» означает лишь часть пределов и условий, о которых идет речь в стандартах МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и SSR-2/2 (Rev. 1) [11]. Правильным будет перевод «Пределы и условия для эксплуатации».

Это необходимо иметь в виду и при переводе на английский язык российской проектной документации, т.к. дословный перевод русского термина «Эксплуатационные пределы и условия» будет приводить к ошибочным трактовкам.

В стандартах МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и SSR-2/2 (Rev. 1) [11] установлены пределы и условия для эксплуатации, которые более детально рассмотрены ниже, в разделе посвященном эксплуатации.

Требования к этим пределам и условиям в НП-001-15 [9] носят более конкретный характер, чем соответствующие требования в стандартах МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и SSR-2/2 (Rev. 1) [11]. Кроме того, в содержащемся в НП-001-15 [9] перечне пределов и условий имеются условия не только для нормальной эксплуатации, как в указанных стандартах МАГАТЭ, но и для безопасной эксплуатации.

3.4.2. Проект для безопасной эксплуатации в течение всего срока службы станции

Требование 29. Калибровка, испытание, техническое обслуживание, ремонт, замена, инспекции и контроль устройств, важных для безопасности

Устройства, важные для безопасности АС, должны быть разработаны так, чтобы их можно было калибровать, испытывать, технически обслуживать, восстанавливать или заменять,

инспектировать и контролировать надлежащим образом для обеспечения способности выполнять их функции и поддерживать целостность во всех условиях, определенных в проектной основе.

Примерно такие же требования содержатся в пунктах 3.1.6 и 3.1.14 НП-001-15 [9].

Согласно требованиям указанных пунктов, необходимо, чтобы в проекте АС были определены приспособления и устройства для:

– подтверждения работоспособности систем и элементов (включая устройства, расположенные внутри реактора), замены оборудования, отработавшего свой ресурс;

– испытания систем на соответствие их проектным показателям;

– проверки последовательности прохождения сигналов и включения оборудования (в том числе переход на аварийные источники питания);

– контроля состояния металла (в том числе сварных соединений);

– оборудования и трубопроводов;

– метрологической поверки средств измерений и измерительных каналов измерительных систем на соответствие проектным требованиям.

Системы и элементы АС, важные для безопасности, должны проходить, как правило, прямую и полную проверку на соответствие проектным характеристикам при их вводе в эксплуатацию, после ремонта и периодически в течение всего срока службы АС.

Если проведение прямой и (или) полной проверки невозможно, что должно быть обосновано в проекте АС, следует проводить косвенные и (или) частичные проверки. Достаточность косвенной и (или) частичной проверки должна быть обоснована в проекте АС.

В проекте АС должна быть предусмотрена возможность технической диагностики (проверки) состояния систем безопасности, специальных технических средств для управления запроектными авариями, а также важных для безопасности элементов нормальной эксплуатации, отнесенных к классам безопасности 1 и 2, и возможность их представительных испытаний.

Требование 30. Проверка устройств, важных для безопасности

Должна осуществляться программа проверки устройств, важных для безопасности, для подтверждения их способности выполнять проектные функции, когда необходимо, в преобладающих условиях окружающей среды в течение их проектного срока службы с учетом условий станции при техническом обслуживании и испытаниях.

В НП-001-15 [9] условия проверки систем и элементов для подтверждения их способности выполнять проектные функции изложены в пунктах 3.1.6 и 3.1.14, которые были рассмотрены выше. Необходимость разработки соответствующей программы проверки установлена в требовании по п. 4.1.9 НП-001-15 [9].

В НД, входящих в систему российских норм и правил, таких как [35] и [36], используется такой же по содержанию термин «техническое освидетельствование», процедура которого в этих документах подробно разработана для рассматриваемого в них оборудования и трубопроводов.

Требование 31. Управление старением

Должен быть определен срок службы устройств, важных для безопасности АС. В проекте необходимо предусматривать соответствующие запасы для учета характерных механизмов старения, нейтронного охрупчивания и износа, а также возможности связанных со старением повреждений для обеспечения способности устройств, важных для безопасности, выполнять необходимые функции безопасности в течение их срока службы.

В НП-001-15 [9] вопросы управления ресурсом оборудования включая вопросы старения элементов АС установлены в требовании 1.2.31 и в ФНП НП-096-15 [37]. Кроме того, вопросы старения оговорены в требовании п. 4.1.17 НП-001-15 [9], посвященного выполнению периодических оценок

безопасности блока АС. Рекомендации по проведению таких оценок установлены в РБ-041-07 [38].

Все вопросы, затронутые в рассматриваемом требовании стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], решены в указанных нормативных документах.

3.4.3. Человеческие факторы

Требование 32. Обеспечение в проекте оптимальной работы оператора

Систематическое рассмотрение человеческих факторов, включая взаимодействие человека и машины, должно быть начато на ранней стадии процесса проектирования АС и продолжено на всех этапах жизненного цикла АС.

Как видно из приведенного требования и пояснительного текста к нему, в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] вопросу обеспечения оптимальных условий работы оператора уделяется большое внимание. В нормативных документах России по вопросам безопасности АС этом вопросу уделяется не меньшее внимание.

В НП-001-15 [9] используемый в Федеральном законе [13] термин «работники (персонал)» включен даже в определение АС, подчеркивая тем самым его важную роль для функционирования этого объекта и формирования всех его свойств, в том числе свойства быть безопасным.

Идеология «культуры безопасности», специально сформированная для таких объектов как АС, нацелена на выполнение персоналом этой важной роли.

В приведенном выше требовании стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] акцентируется внимание на взаимодействии человека и машины, а в дополняющем его пояснительном тексте указывается на необходимость обеспечить в проекте АС дружественный интерфейс

оператора и станции, снабдить его необходимой информацией для работы.

В НП-001-15 [9] эти вопросы отражены в разделе 3.4, посвященном управлению технологическими процессами. В отношении интерфейса оператора со станцией в п. 3.4.2.3 НП-001-15 [9] предъявлено требование оптимально решить в проекте вопросы взаимодействия системы «человек-машина». Параметры, которые необходимо контролировать, должны быть отобраны и отображаться для обеспечения оперативного представления персоналу однозначной информации о соблюдении пределов и условий безопасной эксплуатации АС, а также идентификации и диагностики автоматического срабатывания и функционирования систем безопасности. В требовании п. 3.4.3.4 установлено, что управляющие системы нормальной эксплуатации должны быть построены таким образом, чтобы обеспечивать наиболее благоприятные условия для принятия оперативным персоналом правильных решений по управлению АС и сводить к минимуму возможность ошибочных решений.

Этим вопросам в российской системе НД посвящен специальный НД на уровне ФНП НП-026-16 [39].

В НП-001-15 [9] в п. 3.1.12 содержится еще одно важное требование, направленное на снижение отрицательной роли человеческого фактора. Предусматривается необходимость средств, с помощью которых исключались бы ошибки персонала или ослаблялись их последствия, в том числе при техническом обслуживании и ремонте.

3.4.4. Другие вопросы проекта

Требование 33. Системы и средства безопасности для состояний расширенного проекта на энергоблоках многоблочных АС

Каждый энергоблок атомной станции должен иметь свои системы безопасности и свои средства безопасности для состояний расширенного проекта.

Согласно требованию 3.1.13 НП-001-15 [9] системы безопасности одного блока многоблочной АС должны быть независимыми от систем безопасности другого блока той же АС. В отношении запроектных аварий должна быть показана достаточность специальных технических средств для управления запроектными авариями при возникновении аварий на всех блоках многоблочной АС одновременно.

Требование 34. Системы, содержащие расщепляющийся или радиоактивный материал

Все системы АС, которые могут содержать расщепляющийся или радиоактивный материал, должны быть разработаны так, чтобы предотвращать события, приводящие к неконтролируемому радиоактивному выбросу или сбросу в окружающую среду, случайной критичности и перегреву; обеспечивать удержание выбросов и сбросов радиоактивных веществ ниже разрешенных пределов для нормальной эксплуатации и ниже приемлемых пределов в условиях аварии и на таком низком уровне, насколько это достижимо на разумной основе. При этом необходимо, чтобы облегчалась возможность ослабления радиологических последствий аварий.

В НП-001-15 [9] это обеспечивается общими требованиями, содержащимися в разделе 1.2, посвященном основным критериям и принципам обеспечения безопасности, и в разделе 4.4, посвященном радиационной безопасности при эксплуатации. Кроме того, в самом определении ядерной и радиационной безопасности АС источник ядерной или радиационной опасности не конкретизирован. Определение относится и к активной зоне, и к любым другим системам АС, содержащим ядерные материалы или радиоактивные вещества. Соответственно к ним относятся и все остальные требования.

Требование 35. АС, используемые для производства тепла и мощности, для производства тепла или опреснения воды

АС, совмещенные с установками, использующими тепло (например, для теплоцентрали и/или для опреснения воды), должны быть разработаны так, чтобы предотвратить процессы, которые транспортируют радионуклиды от ядерной установки до установки опреснения воды или установки теплоцентрали при эксплуатационных состояниях и в условиях аварии.

В российской системе НД такого рода требования содержатся в развернутой форме в санитарных правилах [18] и специальных нормах по такому типу установок [40], в которых реализуется такой же подход.

Требование 36. Пути эвакуации со станции

АС должна быть обеспечена достаточным числом путей эвакуации, ясно и на длительное время обозначенных, с надежным аварийным освещением, вентиляцией и другим обеспечением для безопасного их использования.

В НП-001-15 [9] вопросы подготовки путей эвакуации персонала входят в план по защите персонала, обозначенного в формулировке пятого уровня глубокоэшелонированной защиты. Подробно этот вопрос рассмотрен в ФНП [41].

Требование 37. Системы связи на станции

На АС должны быть предусмотрены эффективные средства связи для облегчения безопасной эксплуатации во всех режимах нормальной эксплуатации и доступного использования после всех постулированных исходных событий и в условиях аварии.

В НП-001-15 [9] аналогичное требование установлено в п 1.2.30, согласно которому проектом АС должны быть предусмотрены средства связи и оповещения, в том числе дублирующие, для организации управления АС в режимах нормальной эксплуатации, при проектных и запроектных авариях. Кроме того, в разделе управляющих систем нормальной эксплуатации, в п. 3.4.3.2, установлено, что такие системы должны иметь в своем составе средства надежной групповой и индивидуальной связи между БПУ, РПУ и эксплуатационным персоналом АС, выполняющим работы по месту, а в п. 4.5.3 установлено, что основные и дублирующие средства связи с вышестоящей организацией, органами государственного регулирования безопасности и постоянно действующими органами управления должны быть задействованы до завоза ядерного топлива на АС.

Требование 38. Контроль доступа на станцию

АС должна быть изолирована от окружающей среды с размещением различных элементов конструкций так, чтобы доступ на нее можно было контролировать.

Это требование стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], по существу, является требованием к физической защите, которая должна быть предусмотрена на АС.

В НП-001-15 [9] дано развернутое определение физической защиты, а затем в п. 1.2.29 сформулировано требование о ее необходимости. Более подробные требования к физической защите сформулированы в российских ФНП [42].

Требование 39. Предотвращение несанкционированного доступа к устройствам, важным для безопасности, или воздействия на них

Необходимо предотвращать несанкционированный доступ на АС или воздействие на устройства, важные для безопасности, включая компьютерные аппаратные средства и программное обеспечение.

Это, по существу, тоже требование к физической защите, о которой говорилось в предыдущем требовании. В п.3.1.16, посвященном применению программируемых цифровых средств специально оговорена необходимость предусмотреть средства защиты от несанкционированного вмешательства в работу программного обеспечения.

Требование 40. Предотвращение вредных взаимодействий систем, важных для безопасности

Необходимо оценить возможность вредных взаимодействий систем, важных для безопасности АС, которые могут работать одновременно, а их вредные эффекты должны быть предотвращены.

В НП-001-15 [9] это вытекает из более общего, сформулированного в п. 3.1.8 требования о необходимости обеспечить выполнение системами, важными для безопасности, возложенных на них функций в условиях, которые могут возникнуть при возможных гидравлических, механических тепловых, химических и прочих воздействиях, возникающих в результате аварий, при которых требуется работа рассматриваемых систем и элементов. Что касается защиты двух взаимосвязанных жидкостных систем от превышения давления, указанной в пояснительном тексте, то аналогичное требование о защите части с более низким давлением содержится в п. 208 ФНП [35].

Требование 41. Взаимодействие между электрической сетью и станцией

Функциональные возможности устройств, важных для безопасности АС, не должны быть поставлены под угрозу возмущениями в электрической сети, включая ожидаемые изменения напряжения и частоты.

Такие вопросы необходимо решать при проектировании любых станций. В России они регламентируются специальными правилами устройства электроустановок.

Что касается систем безопасности, то на АС создаются системы аварийного электроснабжения по всем канонам систем безопасности. Соответствующие требования содержатся в ФНП [43].

3.4.5. Анализ безопасности

Требование 42. Анализ безопасности в проекте станции

В проекте АС должен быть выполнен анализ безопасности, в котором необходимо применить методы детерминистского и вероятностного анализов для оценки угроз безопасности при различных категориях состояний станции.

Требования к анализам безопасности, детерминистическим и вероятностным, о которых идет речь в требовании 42 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] установлены в п. 1.2.9 НП-001-15 [9].

Этой теме посвящен специальный стандарт МАГАТЭ на уровне общих требований – GSR Part 4 (Rev. 1) [44], посвященный оценкам безопасности установок и деятельности. В этом же стандарте установлена необходимость подготовки специального отчета по безопасности, содержащего все необходимые анализы и оценки соответствия

выполненного проекта атомной станции установленным требованиям. Детальные рекомендации по формату и содержанию такого отчета содержатся в стандарте МАГАТЭ на уровне руководства по безопасности GS-G-4.1 [45].

В целом подходы МАГАТЭ и России в отношении анализов безопасности и обоснования безопасности практически одинаковы, кроме небольших различий, которые следует отметить.

В России специальный отчет, содержащий все необходимые анализы и оценки соответствия выполненного проекта атомной станции установленным требованиям, именуется как отчет по обоснованию безопасности атомной станции. В западных странах, в том числе и в МАГАТЭ, такой отчет именуется отчетом по анализам безопасности.

Как следует из сказанного выше, формат и содержание такого отчета установлены в стандартах МАГАТЭ на уровне рекомендаций. В России же требования к такому отчету установлены на уровне ФНП. При первоначальной разработке таких требований для российских АС учитывался американский опыт, в связи с чем в качестве образца было принято регулирующее руководство (Regulatory Guide) RG № 1.70. В дальнейшем эти требования были переизданы с учетом накопленного опыта в ФНП [28].

Следует отметить, что в период разработки этой книги упомянутый выше стандарт МАГАТЭ GS-G-4.1 [45] также находился в процессе обновления. При этом, как можно было судить по проекту обновленного стандарта его структура стала ближе к американскому руководству RG № 1.70, а следовательно, ближе и к российскому ФНП.

Следует, однако, иметь в виду, что, хотя при разработке требований к содержанию российского отчета по обоснованию безопасности за основу было принято регулирующее руководство RG № 1.70, они не являются эквивалентными также, как не являются эквивалентными Общие проектные

критерии NRC США¹ и российские ОПБ АС, в соответствии с которыми разрабатывались соответственно оба указанных документа по анализу и обоснованию безопасности атомных станций.

В этой связи нужно обратить внимание на то, что поскольку руководство RG № 1.70 является очень популярным, то некоторые иностранные заказчики АС по российским технологиям, пользуясь своим правом заказчика, требуют руководствоваться этим RG № 1.70 при подготовке отчета по обоснованию безопасности. Однако это совершенно неприемлемо не только по причине их неэквивалентности, указанной выше, но и потому, что каждый из нормативных документов по анализу и обоснованию безопасности атомных станций опирается на множество других национальных нормативных документов, которые в России и в США разные.

3.5. Проектирование конкретных систем станции

3.5.1. Активная зона и связанные устройства

Требование 43. Работа топливных элементов и сборок

Топливные элементы и сборки АС должны быть разработаны так, чтобы сохранялась их конструкционная целостность и удовлетворительно выдерживались ожидаемые уровни радиации и другие условия в активной зоне в комбинации со всеми процессами ухудшения, которые могут произойти в эксплуатационных состояниях.

В п. 3.2.1 НП-001-15 [9] установлены требования к тепловыделяющим элементам реактора, которые соответствуют требованию 43 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. Однако они в большей мере выражены через

¹Приложение А части 50 свода положений по регулированию (CFR title 10) американской Комиссии по ядерному регулированию NRC

необходимость соблюдать пределы и условия безопасной эксплуатации, чем через прямые характеристики конструкционных требований, как это сделано в упомянутом стандарте.

В российской системе НД количественные значения пределов безопасной эксплуатации, которые необходимо соблюдать, а также конструкционные характеристики, соблюдение которых при этом обеспечивается, приведены в правилах ядерной безопасности НП-082-07 [26]. Они включают все вопросы, указанные в рассматриваемом требовании и пояснительном тексте к нему, в том числе перечисление факторов, которые могут ухудшить состояние активной зоны.

В рассматриваемом пункте НП-001-15 [9] указан конкретный перечень нарушений нормальной эксплуатации, при которых пределы безопасной эксплуатации по повреждению твэлов не должны быть нарушены. В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] подобное требование относится к ожидаемым при эксплуатации событиям.

Требование 44. Конструкционная способность активной зоны реактора

Топливные элементы и топливные сборки и их поддерживающие конструкции АС должны быть разработаны так, чтобы в эксплуатационных состояниях и в условиях аварий (кроме тяжелых), поддерживалась геометрия, которая допускает адекватное охлаждение, и не было препятствий вводу управляющих стержней.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] характеристика конструкционной способности активной зоны реактора выполнять возложенные на нее функции отражена в требовании 44 без дальнейших разъяснений и детализации, так как такие разъяснения и детализация содержатся в пока еще действующем стандарте МАГАТЭ предыдущей серии на уровне руководства по безопасности NS-G-1.12 [46].

В НП-001-15[9] соответствующие требования, но в более полном

виде, установлены в пунктах 3.2.2 и 3.2.3. В НП-82-07 [26] также приведена дальнейшая детализация этих требований, однако в отличие от стандарта МАГАТЭ – на уровне ФНП.

В целом стандарты МАГАТЭ и российские нормы и правила устанавливают одинаковые цели для проекта активной зоны реактора и почти одинаковые факторы, которые необходимо учитывать при ее проектировании, что также отмечалось при первом сравнении стандартов МАГАТЭ и ОПБ АС, выполненном под эгидой МАГАТЭ в 1994 г. [47].

В п. 3.2.4 НП-001-15[9] установлено, что характеристики активной зоны, конструкции реактора и другого оборудования первого контура с учетом работы иных систем не должны допускать при тяжелых авариях, в том числе с расплавлением топлива, образования вторичных критических масс.

В случае существования такой возможности техническими мерами должно быть обеспечено непревышение величины вероятности большого аварийного выброса, установленного в п. 1.2.17 Общих положений.

В стандартах МАГАТЭ такого требования нет.

Требование 45. Управление активной зоной реактора

Распределение нейтронного потока, которое может возникнуть в любом состоянии активной зоны АС, включая состояния, возникающие после остановки, при перегрузке или после нее, и состояния, являющиеся результатом ожидаемых эксплуатационных событий и аварий без повреждения активной зоны, должно быть естественно устойчивым. Потребность в системе управления поддерживать форму, уровни и стабильность нейтронного потока в рамках определенных проектных пределов во всех эксплуатационных состояниях должна быть минимизирована.

В НП-001-15 [9] вопросы управления отражены в общем виде, в специальном разделе 3.4 «Управление технологическими процессами»

применительно ко всем системам АС, выполняющим такие функции, а также более детально в специальном ФНП [39]. Конкретные требования к системам управления и защиты реактора установлены в ФНП НП-082-07 [26].

В разделе 2.3.3. НП-082-07 [26] установлены требования к управлению нейтронным потоком и реактивностью, соответствующие требованию 45 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. При этом установлено, что для контроля нейтронного потока реактор должен быть оснащен каналами контроля таким образом, чтобы во всем диапазоне изменения плотности нейтронного потока в активной зоне от 10^{-7} % до 120 % номинального значения контроль осуществлялся, как минимум:

- тремя независимыми друг от друга каналами измерения плотности нейтронного потока с показывающими приборами;
- тремя независимыми друг от друга каналами измерения скорости изменения плотности нейтронного потока.

Для контроля изменения реактивности в проекте РУ должен быть предусмотрен измеритель реактивности с датчиками, устройствами оперативного отображения, регистрации, с автоматическим переключением диапазонов плотности нейтронного потока и реактивности.

Каналы контроля реактивности должны оснащаться средствами автоматической проверки работоспособности и предупредительной сигнализации о неисправности.

Скорость увеличения реактивности средствами воздействия на реактивность не должна превышать 0,07 $\beta\text{эф}/\text{с}$. Для рабочих органов СУЗ с эффективностью более 0,7 $\beta\text{эф}$ ввод положительной реактивности должен быть шаговым, с эффективностью шага не более 0,3 $\beta\text{эф}$ (обеспечивается техническими мерами). В проекте РУ должны быть указаны величина шага, пауза между шагами и скорость увеличения реактивности.

В проекте РУ должны быть предусмотрены средства контроля неравномерности энерговыделения в активной зоне реактора и средства оперативного расчета запаса до кризиса теплообмена.

В тех случаях, когда возможны колебания плотности потока нейтронов, средства контроля и управления такими колебаниями должны исключать нарушение эксплуатационных пределов повреждения ТВЭЛОВ.

В НП-082-07 [26] установлены и другие требования по рассматриваемой теме, обеспечивающие получение оперативной информации о текущем значении реактивности активной зоны и ее изменениях, об эффективности средств воздействия на реактивность и обеспечивающие надежность управления нейтронным потоком и реактивностью в том числе при загрузке (перегрузке) реактора.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] вопросы управления нейтронным потоком и реактивностью реактора сформулированы в более общем виде. Более детально они рассмотрены в стандарте МАГАТЭ на уровне руководства по безопасности NS-G-1.12 [46]. Однако он относится к предыдущей системе стандартов и в настоящее время пересматривается.

Требование стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] о предотвращении повреждений границы контура теплоносителя реактора при вводе положительной реактивности также содержится в НП-001-15 [9] в разделе 3.3, относящемся к контуру теплоносителя реактора. При этом, конкретно оговорены возможные способы ввода положительной реактивности, а именно: внезапным введением положительной реактивности при выбросе с максимальной скоростью органа воздействия на реактивность максимальной эффективности, если такой выброс не предотвращен конструкцией, и вводом «холодного» теплоносителя в активную зону (при отрицательном температурном коэффициенте реактивности по теплоносителю), или любым другим возможным положительным эффектом реактивности, связанным с теплоносителем.

Требование 46. Остановка реактора

Должны обеспечиваться средства для остановки реактора АС в эксплуатационных состояниях и при авариях, и для поддержки состояния остановки даже при наиболее реактивных условиях активной зоны.

Российские требования к системам остановки реактора, детально представленные в НП-082-07 [26], в большей мере соответствуют таким же требованиям прежнего стандарта МАГАТЭ по проектированию АС NS-R-1, чем требованиям стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

В новом стандарте система быстрой остановки реактора или система аварийной защиты, вообще не оговорена, хотя обе системы НД предписывают иметь две независимые друг от друга и построенные на разных принципах действия системы остановки реактора.

В НП-082-07 [26] содержатся требования к обеим системам остановки реактора. В стандарте же МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] требования по эффективности предъявлены только к одной из систем.

В НП-082-07 [26] требования предъявляются как к эффективности, так и к быстродействию каждой из систем.

Система аварийной защиты должна обладать:

- быстродействием, достаточным для перевода активной зоны реактора в подкритическое состояние, без нарушения пределов безопасной эксплуатации при нарушениях нормальной эксплуатации;
- эффективностью, достаточной для перевода активной зоны реактора в подкритическое состояние и поддержания ее в подкритическом состоянии при нарушениях нормальной эксплуатации и проектных авариях.

В случае, если эффективность аварийной защиты недостаточна для длительного поддержания активной зоны в подкритическом состоянии, должно быть предусмотрено автоматическое подключение другой системы остановки реактора, обладающей эффективностью, достаточной для

поддержания активной зоны в подкритическом состоянии с учетом возможного высвобождения реактивности.

Система остановки реактора, не выполняющая функции аварийной защиты, должна обладать:

- быстродействием, достаточным для перевода активной зоны реактора в подкритическое состояние без нарушения проектных пределов повреждения твэлов, установленных для проектных аварий (с учетом действия систем аварийного охлаждения активной зоны);

- эффективностью, достаточной для перевода активной зоны реактора в подкритическое состояние и поддержания подкритического состояния с учетом возможного высвобождения реактивности.

Упомянутые в этих требованиях пределы приведены в приложении к НП-082-07 [26].

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] конкретные пределы не указаны и, соответственно, количественные значения каких-либо пределов не приводятся. Это означает, что они должны быть установлены в проекте или в национальных правилах.

В НП-082-07 [26] содержатся также детальные требования к контрольно-измерительным средствам активной зоны и их надежности, которые вместе с системами остановки реактора входят в состав системы управления и защиты реактора.

Система аварийной защиты реактора является системой безопасности и на нее, кроме конкретных требований, сформулированных в НП-082-01 [26], распространяются общие требования, предъявляемые ко всем защитным системам. Такие требования содержатся в разделе 3.5 НП-001-15 [9].

3.5.2. Система теплоносителя реактора

Требование 47. Проект системы теплоносителя реактора

Компоненты системы теплоносителя реактора АС должны быть разработаны и построены так, чтобы был минимизирован риск дефектов из-за неадекватного качества материалов, неадекватных стандартов проекта, недостаточной пригодности к инспектированию или неадекватного качества изготовления.

В российской системе НД требования к контуру теплоносителя реакторной установки, кроме НП-001-15 [9] и НП-082-07 [26], регламентируются ФНП [35]. Требования рассматриваемого стандарта МАГАТЭ учтены в том или ином виде в указанных российских НД. Одни из них вытекают из общих требований, таких, например, как требование о предотвращении недопустимых выбросов радиоактивных веществ за пределы станции, другие содержатся в российских НД в более конкретной форме.

В п. 3.3.1 НП-001-15 [9] речь идет о способности оборудования и трубопроводов контура теплоносителя реактора выдерживать без разрушений статические и динамические нагрузки и температурные воздействия, возникающие в любых его частях с учетом действия защитных систем безопасности и их возможных отказов при нарушениях нормальной эксплуатации до проектных аварий включительно, в том числе непреднамеренных выделениях энергии в теплоноситель, вызванных внезапным введением положительной реактивности, о чем уже говорилось выше.

В п. 3.3.3 НП-001-15 [9] речь идет о концепции «течь перед разрушением», необходимость применения которой вытекает из практической невозможности выполнить требование п. 2.5.5 НП-082-07 [26] в отношении трубопроводов контура теплоносителя реактора большого размера,

согласно которому они должны быть оборудованы специальными устройствами для предотвращения недопустимых перемещений при воздействии на них реактивных сил, возникающих при разрывах таких трубопроводов. Применение этой концепции позволяет исключить из рассмотрения в проекте на основе детерминистского принципа исключения, сформулированного в п. 1.2.14 НП-001-15 [9], полный поперечный разрыв такого трубопровода и его перемещение под действием реактивных сил, которое трудно ограничить осуществимыми на практике удерживающими устройствами. При применении этой концепции проект трубопроводов должен обеспечить такую скорость распространения трещины в радиальном направлении по сравнению с поперечным, чтобы течь возникла раньше, чем трещина достигнет критического размера.

Следует отметить, что в предшествующем стандарте NS-R-1 концепция «течь перед разрушением» упоминалась. В новой редакции стандарта МАГАТЭ осталось только требование, чтобы проект границы контура теплоносителя реактора под давлением обеспечивал малую вероятность образования трещин, а для их своевременного обнаружения необходимо, чтобы любые образовавшиеся трещины развивались в режиме высокого сопротивления разрушению из-за неустойчивости и быстрого распространения.

В требовании 47 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] упоминается необходимость минимизации риска дефектов из-за неадекватного качества материалов для компонентов системы теплоносителя реактора. В российской системе НД вопросы выбора материалов и условия их эксплуатации подробно рассмотрены в специальном разделе III «Материалы» ФНП [35].

Требование 48. Защита границ контура теплоносителя реактора от превышения давления

Должны быть приняты меры, чтобы работа устройств снижения давления защитила границу контура системы теплоносителя реактора под давлением от его превышения и не приводила к выбросу радиоактивных веществ с АС непосредственно в окружающую среду.

В российской системе НД требования по защите трубопроводов и оборудования контура реакторного теплоносителя, соответствующие требованию 48 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], но в более конкретной форме, установлены в ФНП [35].

В п. 3.3.2 НП-001-15 [9] дополнительно установлено требование о том, чтобы такая защита теплоносителя реактора от превышения давления, не приводила к выбросу теплоносителя первого контура за пределы герметичного ограждения РУ, как это прописано в упомянутом требовании стандарта МАГАТЭ. Это новое требование, внесенное в ОПБ АС при их обновлении для гармонизации с требованиями стандартов МАГАТЭ.

Требование 49. Количество теплоносителя реактора

Должны быть предусмотрены меры для контроля над количеством, температурой и давлением теплоносителя реактора таким образом, чтобы определенные проектные пределы не были превышены ни при каких эксплуатационных состояниях АС с учетом объемных изменений и утечки.

Необходимость компенсации изменений объема теплоносителя, вызванного температурными изменениями и компенсации потерь теплоносителя при течах установлена в п. 2.5.8 НП-082-07 [26].

Требование 50. Очистка теплоносителя реактора

На АС должны быть соответствующие средства для удаления из теплоносителя реактора радиоактивных веществ, включая активированные продукты коррозии и продукты деления, выделяющиеся из топлива, и нерадиоактивных веществ.

В п. 2.5.11 НП-082-07 [26] предписано устанавливать в проектах РУ и АС показатели качества теплоносителя, его химический состав и допустимое содержание радионуклидов в процессе эксплуатации и предусматривать технические средства и организационные мероприятия по их поддержанию и контролю.

В НП-001-15 [9] этому вопросу посвящено также новое требование, представленное в п. 3.3.5, введенное при обновлении ОПБ АС с целью гармонизации с требованием 50 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и разъяснительным текстом к нему, устанавливающее, что системы очистки теплоносителя реактора от радиоактивных загрязнений должны быть рассчитаны на работу вплоть до достижения предела безопасной эксплуатации по повреждению твэлов, чтобы обеспечивать эксплуатацию АС при разумно достижимом низком уровне активности контура теплоносителя реактора.

Требование 51. Отвод остаточного тепла от активной зоны

Должны обеспечиваться такие средства для удаления остаточного тепла от активной зоны в состоянии остановки АС, чтобы не превышались проектные пределы для топлива, границ контура теплоносителя реактора под давлением и конструкций, важных для безопасности.

Поскольку в условиях нормальной эксплуатации отвод остаточного тепловыделения является одной из функций нормальной эксплуатации и

выполняется системами нормальной эксплуатации, а при авариях отвод тепла от активной зоны обеспечивается системами безопасности, то по российским нормам и правилам данная задача решается по-разному для нормальных условий эксплуатации и для аварий, исходя из общих требований к системам нормальной эксплуатации, важных для безопасности, и требований к системам безопасности.

Требование 52. Аварийное охлаждение активной зоны

Должны предусматриваться такие средства охлаждения активной зоны, чтобы восстановить и поддержать охлаждение топлива при условиях аварии на АС, даже если не была обеспечена целостность границы контура под давлением первичной системы теплоносителя.

Требования по аварийному охлаждению активной зоны реактора содержатся и в НП-001-15 [9] (п. 4.5.4), и в НП-082-07 [26] (раздел 2.6). При этом предъявляется требование соблюдать принцип единичного отказа, а также применять несколько независимых каналов аварийного отвода тепла от реактора. Это требование дополняется рядом других требований, которые покрывают все затронутые в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] вопросы.

Требование 53. Передача тепла конечному поглотителю тепла

Способность передавать тепло конечному поглотителю тепла должна быть обеспечена для всех состояний станции.

В российской системе нормирования эти вопросы решаются исходя из общих требований, сформулированных в НП-001-15 [9] для систем, важных для безопасности. Вопросы отвода тепла при тяжелых авариях решаются проектировщиком также на основе общих требований НП-001-15 [9], содержащихся в пунктах 1.2.4, 1.2.12, 3.5.4 и других.

В НП-001-15 [9] имеются требования, которых нет в стандарте

МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. Это требование 3.3.4, устанавливающее, что компоновка оборудования и геометрия первого контура должны обеспечивать условия для развития естественной циркуляции теплоносителя в первом контуре при потере принудительной циркуляции, в том числе при проектных авариях, а также требование 3.3.6, согласно которому в проекте АС должны быть предусмотрены:

- меры по предотвращению накопления газов в оборудовании и трубопроводах первого контура во взрывоопасных концентрациях;
- меры по предотвращению попадания посторонних предметов в первый контур;
- технические средства контроля содержания нуклидов - поглотителей нейтронов в теплоносителе первого контура, а также в средах, подаваемых в первый контур;
- технические средства контроля активности теплоносителя первого контура и (или) других технологических сред первого контура;
- технические средства контроля уровня теплоносителя в реакторе;
- технические средства по ограничению расхода течей теплоносителя из первого контура;
- технические средства по контролю перемещений оборудования и трубопроводов первого контура при изменении температуры;
- меры по исключению негативного влияния теплоизоляции первого контура на работоспособность систем безопасности.

Указанные требования включены в НП-001-15 [9] при их обновлении для учета опыта эксплуатации АС.

3.5.3. Система защитной оболочки и ее конструкция

Требование 54. Система защитной оболочки реактора

Должна предусматриваться система защитной оболочки, обеспечивающая или вносящая вклад в выполнение функций: удержания радиоактивных веществ в эксплуатационных состояниях и

в состояниях аварий; защиты реактора против естественных внешних событий и событий, вызванных человеком; защиты от излучений в эксплуатационных состояниях и в условиях аварии.

Локализирующие системы безопасности – это вторая выделенная в российской системе ФНП группа исполнительных систем, предназначенная для удержания при аварии радиоактивных веществ и ионизирующего излучения в предусмотренных проектом АС границах.

Для этих систем в НП-001-15 [9] установлены наиболее важные общие требования. Их дополнение и детализация представлены в специализированном ФНП [36].

Согласно требований НП-001-15 [9], установленных в разделе 3.6, реактор и содержащие радиоактивные вещества системы и элементы РУ должны целиком размещаться в пределах герметичного ограждения РУ для локализации выделяющихся при проектных авариях радиоактивных веществ. В целях предотвращения разрушения герметичного ограждения при тяжелых авариях допускается контролируемый выброс радиоактивных веществ за пределы герметичного ограждения РУ при условии принятия мер по обеспечению радиационной безопасности населения (п. 3.6.2). Системы теплоотвода с активными элементами (либо пассивными элементами с движущимися частями), предназначенные для отвода тепла из герметичного ограждения, должны включать несколько независимых каналов (п. 3.6.4). Все коммуникации, пересекающие границы герметичного ограждения, через которые при аварии возможен выход радиоактивных веществ за границы герметичного ограждения, должны быть оборудованы изолирующими элементами в соответствии с требованиями, установленными в ФНП [36] (п. 3.6.5). При вводе блока АС в эксплуатацию должны проводиться испытания герметичного ограждения на прочность и плотность при расчетном давлении. Последующие испытания проводятся при обоснованном сниженном давлении (п. 3.6.6). В атмосфере герметичного ограждения предусматриваются средства контроля физико-химических параметров водородсодержащих смесей и водородная

взрывозащита (п. 3.6.7).

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] соответствующие требования приведены в разделе, посвященном системе защитной оболочки и ее конструкций. В российской практике термин «защитная оболочка» применяется только к конкретной конструкции герметичного ограждения.

В требовании 54 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] устанавливаются задачи системы защитной оболочки. Это – удерживать или вносить вклад в удержание радиоактивных веществ в эксплуатационных состояниях и в состояниях аварий; защита реактора против естественных внешних событий и событий, вызванных человеком; защита от излучений в эксплуатационных состояниях и в условиях аварии.

В НП-001-15 [9] речь идет об удержании при аварии радиоактивных веществ и ионизирующего излучения (п. 3.6.1), а защита против естественных внешних событий и событий, вызванных человеком, здесь не упоминается, поскольку об этом достаточно сказано в п. 3.1.8, рассматривавшемся выше. В ФНП [36] такие функции локализующей системы безопасности, как и многие другие, детально рассмотрены и реально выполняются.

В рассматриваемом требовании стандарта SSR-2/1 (Rev. 1) [10] речь идет о «состояниях аварий», которые кроме проектных аварий могут включать «состояния расширенного проекта», то есть учитываемые в проекте запроектные аварии. По отношению к перечисленным в требовании функциям сказано, что их необходимо либо выполнить, либо внести вклад в выполнение. В следующем требовании 55 этот вклад уточняется указанием на необходимость обеспечить для состояний аварий непревышение приемлемого уровня выбросов из защитной оболочки радиоактивных веществ.

В НП-001-15 [9], в соответствии с требованием п. 3.6.3 локализующие системы безопасности должны выполнять заданные функции для проектных и учитываемых в соответствии с п. 1.2.16 запроектных аварий. Это примерно также, как и в рассматриваемом требовании стандарта

МАГАТЭ SSR-2/1(Rev. 1) [10]. Однако в п. 1.2.16 НП-001-15 [9] установлено какой набор сценариев рассматривается для этого, в то время как набор состояний расширенного проекта в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] остался неопределенным.

В ФНП [36] установлены дополнительно специальные требования на случай, если герметичное ограждение системы локализации аварий выполнено в виде двойной защитной оболочки, широко применяемой в проектах АС последних поколений.

Требование 55. Контроль над радиоактивными выбросами за пределы защитной оболочки

Проект защитной оболочки должен обеспечивать, чтобы любой выход радиоактивных веществ с АС в окружающую среду был на таком низком уровне, как-то достижимо на разумной основе, и был ниже разрешенных пределов на выбросы и сбросы в эксплуатационных состояниях и ниже приемлемых пределов в условиях аварии.

Плотность герметичного ограждения является одним из важнейших его свойств. Это установлено в п. 3.6.6 НП-001-15 [9] и как одно из первых требований ФНП [36], а также требованием 55 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

В п. 6 ФНП [36] установлена необходимость предотвращения и (или) ограничения распространения радиоактивных веществ за границы зоны локализации аварии при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, а также ограничение выхода ионизирующего излучения за границы зоны локализации аварии при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии.

В требовании 55 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] установлено, что проект защитной оболочки должен обеспечивать, чтобы любой выход радиоактивных веществ с АС в окружающую среду был на

таким низким уровне, как это достижимо на разумной основе, и был ниже разрешенных пределов на выбросы и сбросы в эксплуатационных состояниях и ниже приемлемых пределов в условиях аварии.

Для достижения этого в обеих системах нормативных документов предусматриваются соответствующие требования к конструкции герметичного ограждения, а также испытания на плотность после установки всех проходок с целью определения скорости утечки.

Согласно требований ФНП [36], установленных в пунктах 158 и 159, испытания ГО на плотность давлением воздуха, соответствующим расчетному давлению, проводится один раз после окончания строительных и монтажных работ до первой загрузки реактора, а затем повторяются не реже одного раза в 10 лет или с периодичностью, обоснованной в проекте АС, а также после ремонта или замены элементов, влияющих на герметичность и прочность, если эти элементы не могут быть проконтролированы локально. Испытание ГО на плотность в период эксплуатации АС должно проводиться при остановленном реакторе пониженным избыточным давлением. Значение пониженного давления, а также периодичность проведения испытаний пониженным давлением должны быть обоснованы в проекте АС и представлены в ООБ АС.

В стандартах МАГАТЭ вопросы испытаний защитной оболочки при вводе в эксплуатацию и периодически при эксплуатации рассматриваются в стандарте на уровне руководства по безопасности NS-G-1.10 [48], который в период подготовки данной работы находился в состоянии обновления.

Требование 56. Изоляция защитной оболочки

Каждая линия, пересекающая защитную оболочку АС, являющаяся частью границы контура теплоносителя реактора под давлением, или связанная непосредственно с атмосферой защитной оболочки, должна быть автоматически и надежно изолирована в случае аварии, при которой герметичность оболочки является существенной

для предотвращения радиоактивных выбросов в окружающую среду, превышающих приемлемые пределы.

В п. 3.6.5 НП-001-15 [9] установлено упоминавшееся выше общее требование, согласно которому все пересекающие границы герметичного ограждения коммуникации, через которые при аварии возможен выход радиоактивных веществ за границы герметичных помещений, должны быть оборудованы изолирующими элементами. В ФНП [36] это требование детализировано таким образом, что изолирующие устройства устанавливаются так близко к месту пересечения ГО насколько это технически возможно, а количество изолирующих устройств и места их установки должны выбираться так, чтобы при любом исходном событии проектной аварии и независимо от исходного события отказе одного из элементов систем безопасности, учитываемом в проекте АС, обеспечивалась изоляция всех пересекающих ГО трубопроводов, для которых это предусмотрено проектом АС.

В требовании 56 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] установлено примерно то же самое, что каждая линия, пересекающая защитную оболочку АС, являющаяся частью границы контура теплоносителя реактора под давлением, или связанная непосредственно с атмосферой защитной оболочки, должна быть автоматически и надежно изолирована в случае аварии, при которой герметичность оболочки является существенной для предотвращения радиоактивных выбросов в окружающую среду, превышающих приемлемые пределы.

Далее, в пояснительном тексте уточнено, что линии, которые пересекают защитную оболочку, являющиеся частью границы контура теплоносителя реактора под давлением, и линии, связанные непосредственно с атмосферой защитной оболочки, должны быть оснащены, по крайней мере, двумя клапанами изоляции защитной оболочки или обратными клапанами, установленными последовательно, а каждая линия, проходящая через защитную оболочку и не являющаяся частью границы контура теплоносителя реактора под давлением и не связанная

непосредственно с атмосферой защитной оболочки, должна иметь, по крайней мере, один клапан изоляции защитной оболочки. Клапаны изоляции защитной оболочки или обратные клапаны должны быть расположены так близко к оболочке, как это реально достижимо, и каждый клапан должен надежно и независимо приводиться в действие и периодически испытываться.

Различие между двумя системами НД состоит в том, что в российских ФНП количество устанавливаемых изолирующих устройств не определено, а определяется проектировщиком из установленного общего требования. Кроме того, запрещено применять в качестве изолирующих устройств обратные клапаны.

В ФНП [36] установлены дополнительно другие требования к изолирующим устройствам, которых нет в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

Так, например, в пунктах 70 и 71 ФНП [36] установлено, что на трубопроводах, проходящих через ГО или подсоединяемых к нему и используемых для забора рабочей среды из трубопроводов первого контура или помещений зоны локализации аварии с последующим возвратом в них, а также для выполнения замеров во время аварии, изолирующие устройства могут не устанавливаться при условии, что эти трубопроводы и связываемое ими оборудование отвечают требованиям, предъявляемым к элементам ГО, а на трубопроводах, используемых только во время ремонтов при остановленном реакторе, может предусматриваться в качестве изолирующих устройств установка трубопроводной арматуры, оборудованной ручным приводом с замком, или приварных заглушек. Другие требования к изолирующим устройствам, направлены на обеспечение их надежности.

В стандарте МАГАТЭ NS-G-1.10 [48] также дополнительно и более детально рассматриваются изолирующие устройства, но на уровне рекомендаций.

Требование 57. Доступ в защитную оболочку

Доступ эксплуатационного персонала в защитную оболочку АС должен обеспечиваться через шлюзы, оборудованные дверями, заблокированными так, что, по крайней мере, одна из них закрыта при эксплуатации реактора на мощности и в условиях аварии.

Эта тема примерно одинаково отражена в рассматриваемом требовании стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и в ФНП [36] (пункты 42 – 58).

Однако требования ФНП [36] являются более развернутыми и детализированными по сравнению со стандартом МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. Здесь предусмотрены требования к количеству шлюзов (не менее двух), к элементам их конструкции, таких, например, как наличие механической блокировки, предотвращающей одновременное открытие обеих дверей (люков), наличие клапанов для выравнивания давления с указателями их положения, требования ко времени закрытия люков и шлюзов, к контролю герметичности и др.

Общий характер требования стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] в определенной степени компенсируется наличием соответствующего раздела в руководстве по безопасности NS-G-1.10 [48].

Требование 58. Удержание под контролем условий в защитной оболочке

Должны быть предусмотрены средства для регулирования давления и температуры в защитной оболочке АС и контроля над любым ростом содержания продуктов распада или других газообразных, жидких или твердых веществ, которые могут выйти в защитную оболочку и повлиять на эксплуатацию систем, важных для безопасности.

В НП-001-15 [9] установлено требование к отводу тепла для предотвращения повышения давления внутри герметичного ограждения (п. 3.6.4), о чем говорилось выше при рассмотрении общих требований, а более детально этот и другие вопросы рассмотрены в ФНП [36].

В общих требованиях к локализирующим системам безопасности ФНП [36] содержатся положения, аналогичные установленным в требовании 58 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [9], а в разделе IV ФНП [36] сформулированы конкретные требования к проекту некоторых возможных вариантов систем, способных обеспечить их реализацию, таких как активная спринклерная система, вентиляционно-охладительные системы, системы пассивной конденсации пара, системы водородной взрывозащиты, аварийные установки газо-аэрозольной очистки.

В п. 3.6.4 НП-001-15 [9] установлено общее требование, что в случаях, когда для предотвращения повышения давления в герметичных помещениях предусматриваются системы теплоотвода с активными элементами (либо пассивными элементами с движущимися частями), должно быть несколько независимых каналов теплоотвода, обеспечивающих требуемую эффективность с учетом требований п. 1.2.12. В этом пункте НП-001-15 [9], который рассматривался выше, установлено требование о выполнении принципа единичного отказа.

Общее требование предусматривать меры по обнаружению и предотвращению образования взрывоопасных концентраций газов в помещениях локализирующих систем безопасности содержится в п. 3.6.7 НП-001-15 [9]. Детально эта тема рассмотрена в ФНП [49].

В правилах [36] в качестве функций безопасности локализирующих систем безопасности установлены:

- ограничение выхода ионизирующего излучения за границы зоны локализации аварии при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии;
- ограничение давления среды в пространстве внутри ГО при авариях;
- снижение концентрации радиоактивных веществ, выделившихся в

зоне локализации аварии при авариях;

– контроль концентрации взрывоопасных газов в водородсодержащих смесях в случае их образования в зоне локализации аварии при нормальной эксплуатации и ее нарушениях, включая аварии;

– водородная взрывозащита.

Для конкретных систем, которые для этой цели могут быть использованы, установлены соответствующие требования к проекту.

Тем самым охватываются все вопросы систем удержания под контролем условий атмосферы защитной оболочки, затронутые в стандарте МАГАТЭ.

3.5.4. Контрольно-измерительные приборы и системы управления

Требование 59. Обеспечение контрольно-измерительными приборами

В проекте должны быть предусмотрены контрольно-измерительные приборы для определения значений всех главных переменных, которые могут повлиять на процесс деления, целостность активной зоны, системы теплоносителя реактора и защитной оболочки АС, а также для получения важной информации, которая необходима для безопасной и надежной эксплуатации станции, определения ее состояния в условиях аварии и принятия решений в целях управления аварией.

В отличие от стандартов МАГАТЭ в российских нормах и правилах контрольно-измерительные приборы в самостоятельную группу не выделяются, поскольку считается, что это часть соответствующих управляющих систем. В то же время в самостоятельные группы выделены управляющие системы нормальной эксплуатации и управляющие системы безопасности, а в их составе рассматриваются соответствующие контрольно-измерительные приборы, поскольку к ним предъявляются различные требования.

Требование 60. Системы управления

На АС должны предусматриваться надлежащие и надежные системы управления для поддержки и ограничения соответствующих переменных технологического процесса в пределах определенных эксплуатационных диапазонов.

Аналогичное требование к управлению технологическими процессами на АС сформулированы в п. 3.4.1.1 НП-001-15 [9]. Здесь перечислены все основные составляющие управляющих систем:

- блочный пункт управления;
- резервный пункт управления;
- управляющие системы нормальной эксплуатации;
- управляющие системы безопасности;
- система информационная поддержки оператора;
- автономные средства регистрации и хранения информации.

Для всех этих составляющих управляющих систем, кроме двух последних, в терминах и определениях НП-001-15 [9] даны определения, устанавливающие их назначение и задачи. Последняя составляющая управляющих систем представляет собой так называемый «черный ящик», под которым понимают автономные средства регистрации и хранения информации, необходимые для расследования аварий.

Выше, при обсуждении классификации, уже отмечалось, что в стандартах МАГАТЭ «управляющие системы безопасности» не выделены, а выделена лишь их часть «системы защиты». Невыделенная часть управляющих систем безопасности осталась включенной в исполнительные и обеспечивающие системы безопасности. Не выделены также управляющие системы нормальной эксплуатации. Они относятся к категории других систем, связанных с безопасностью. Имеющиеся в НП-001-15 [9] требования к системе информационной поддержки оператора и автономным средствам регистрации и хранения информации здесь также

отсутствуют.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] ко всем системам контроля и управления кроме выделенных в отдельную группу систем защиты формулируются общие требования, а более детально они рассматриваются в стандарте МАГАТЭ на уровне руководства по безопасности SSG-39 [50], где требования дифференцируются в зависимости от выполняемых функций. Здесь фигурируют группы безопасности, системы безопасности и все системы контроля и управления, важные для безопасности.

В российских нормах и правилах такая дифференциация, кроме ОПБ АС, приводится в специальном ФНП [39], посвященном системам управления.

Требование 61. Система защиты

АС должна обеспечиваться системой защиты, способной обнаруживать опасные состояния станции и автоматически приводить в действие системы безопасности, необходимые для достижения и поддержания безопасных условий станции.

Как отмечалось выше, в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] выделены «системы защиты», а не «управляющие системы безопасности», как в НП-001-15 [9]. Это часть управляющих систем безопасности, относящихся к управлению и защите реактора.

Наиболее важные требования к управляющим системам безопасности АС, установленные в разделе 3.4.4 НП-001-15 [9], кроме общего требования автоматически выполнять свои функции при возникновении условий, предусмотренных проектом АС (п.3.4.4.1), включают запрет на вмешательство оператора в работу УСБ в первые 10 – 30 минут после их автоматического запуска за исключением случаев, предусмотренных технологическим регламентом, инструкцией по ликвидации аварий или руководством по управлению запроектными авариями (п. 3.4.4.2).

Другие требования этого раздела предусматривают возможность дистанционного приведения в действие систем безопасности воздействием на минимальное число управляющих элементов и ручного – для арматуры по месту ее установки (п. 3.4.4.3); сведение к минимуму возможности ложных срабатываний (п. 3.4.4.4); отделение УСБ от УСНЭ (п. 3.4.4.5); применение принципов резервирования (избыточности), независимости и разнообразия (п. 3.4.4.6); непрерывную автоматическую самодиагностику работоспособности систем управления, а также периодическую техническую диагностику исправности каналов УСБ и диагностику технологического оборудования с пультов БПУ и РПУ; вызов действий, направленных на обеспечение безопасности АС при отказах технических и программных средств и повреждениях УСБ с выдачей сигналов на БПУ и РПУ (п. 3.4.4.7).

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], в требовании 61к системам защиты предъявлено примерно то же, как и в НП-001-15 [9] к УСБ: обнаруживать опасные состояния станции и автоматически приводить в действие системы безопасности, необходимые для достижения и поддержания безопасных условий станции.

Кроме того, как следует из пояснительного текста, система защиты должна преодолевать небезопасные действия системы управления; иметь характеристики безопасного отказа для перехода станции в безопасное состояние в случае отказа системы защиты: предотвращать действия оператора, которые могли бы поставить под угрозу эффективность системы защиты в эксплуатационных состояниях и в условиях аварии, но не противодействовать правильным действиям оператора в условиях аварии; обеспечивать автоматизацию приведения в действие систем безопасности так, чтобы действие оператора не было необходимым в пределах оправданного промежутка времени от начала ожидаемых эксплуатационных событий или условий аварии; обеспечивать доступность оператору соответствующей информации для контроля действий автоматики.

Требование подавлять небезопасные действия систем управления, относящихся к управляющим системам нормальной эксплуатации, в явном виде в НП-001-15 [9] не установлено. Такие действия в российской нормативной практике рассматриваются как обычные отказы, приводящие к нарушениям нормальной эксплуатации станции. Если при этом будут достигнуты уставки на срабатывание систем безопасности, то такие системы будут работать и подавлять действия, вызвавшие их функционирование. Как видно из приведенного выше, в НП-001-15 [9] указано конкретное время, в течение которого не должны требоваться и даже запрещены действия оператора.

Применение принципа безопасного отказа содержится в НП-001-15 [9] в общих требованиях раздела, посвященного основным принципам безопасности, реализуемых в проекте.

Требование 62. Надежность и тестируемость контрольно-измерительных приборов и систем управления

Контрольно-измерительные приборы и системы управления для устройств, важных для безопасности АС, должны обладать высокой функциональной надежностью и пригодностью к периодическим испытаниям соразмерно с функциями безопасности, которые должны быть выполнены.

Здесь устанавливаются надежность и тестируемость (пригодность к испытаниям) всех систем контроля и управления, важных для безопасности. При этом, в пояснительном тексте отмечаются такие методы, как способность самопроверки там, где это необходимо, свойства безопасного отказа, функциональное разнообразие, и разнообразие конструкций и концепций эксплуатации в такой степени, как это реально, чтобы предотвратить потерю функций безопасности.

Аналогичные требования к обеспечению надежности систем управления технологическими процессами и способам ее достижения

содержатся и в НП-001-15 [9]. Однако здесь есть различия в требованиях, предъявляемых к УСНЭ и УСБ.

Требование 63. Использование компьютеризированного оборудования в системах, важных для безопасности

Если система, важная для безопасности АС, зависит от компьютеризированного оборудования, то должны быть установлены и применяться соответствующие стандарты и методы для разработки и испытаний компьютерных аппаратных средств и программного обеспечения в течение всего срока службы системы и, в особенности, в процессе разработки программного обеспечения. Все разработки должны быть предметом системы управления качеством.

Это требование относится к компьютеризированному оборудованию в системах, важных для безопасности. При этом, как указано в пояснительном тексте, устанавливается, что для компьютеризированного оборудования в системах безопасности или других связанных с безопасностью системах необходимо обеспечивать высокое качество и лучшие методы для аппаратных средств и программного обеспечения в соответствии с важностью системы для безопасности; систематическое документирование и пригодность к пересмотру всего процесса разработки, включая контроль, испытания и ввод в эксплуатацию изменений проекта; оценку оборудования экспертами, независимыми от команд проектировщиков и поставщиков для обеспечения уверенности в его высокой надежности; применение разнообразных средств для выполнения функций безопасности там, где они являются наиболее существенными, а необходимая высокая надежность оборудования не может демонстрироваться с высоким уровнем доверия; учет отказов по общим причинам, происходящих от программного обеспечения; защиту против аварийного разрушения или преднамеренного вмешательства в работу системы.

В НП-001-15 [9] требования к программируемым цифровым устройствам в системах, важных для безопасности, представлены в общих требованиях раздела, посвященного основным принципам безопасности, реализуемых в проекте (п. 3.1.16). А требование разнообразия предъявлено только к управляющим системам безопасности (п. 3.4.4.6). При этом, согласно ФНП [39], для программируемых цифровых устройств соблюдение принципа разнообразия обеспечивается использованием нескольких видов разнообразия.

Требование 64. Разделение систем защиты и систем управления

Должно быть предотвращено взаимодействие между системами защиты и системами управления АС за счет разделения, исключения взаимосвязей или подходящей функциональной независимости.

НП-001-15 [9] также предусматривает разделение УСБ и УСНЭ (п. 3.4.4.5), при этом, возможность использования общих сигналов этими двумя категориями систем в НП-001-15 [9] не предусмотрена.

Требование 65. Блочный пункт управления

АС должна оснащаться блочным пунктом управления, с которого можно безопасно управлять станцией во всех эксплуатационных состояниях автоматически или вручную, и принимать меры для поддержания ее в безопасном состоянии или возврата в безопасное состояние после ожидаемых эксплуатационных событий и состояний аварии.

ФНП НП-001-15 [9] содержат требования к блочному и резервному пунктам управления в одном разделе – это пункты 3.4.2.1– 3.4.2.11.

В НП-001-15 [9] требования носят развернутый и детальный характер. Они включают задачи, выполняемые с БПУ и РПУ, живучесть и обитаемость, ранжирование сигнализации по важности для безопасности,

независимость РПУ от БПУ, защиту от отказа БПУ и РПУ по общей причине и некоторые другие.

Требования стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] носят общий характер и кроме указания на выполняемые задачи содержат требование по защите лиц, находящихся на блочном и резервном пунктах управления, от таких опасностей, как высокий уровень радиации в результате аварии, выброс радиоактивных веществ, пожар, или взрывчатые или ядовитые газы и обеспечение поступления адекватной информации, то есть по обитаемости в терминологии НП-001-15 [9].

Требование 66. Резервный пункт управления

Контрольно-измерительные приборы и оборудование управления должны быть доступными, предпочтительно, из одного места (резервного пункта управления), которое физически, электрически и функционально отделено от блочного пункта управления АС. Резервный пункт управления должен обеспечивать перевод реактора в состояние останова и поддержание его в этом состоянии, отвод остаточного тепла и контроль существенных переменных станции, если потеряна возможность выполнить эти важные функции безопасности с блочного пункта управления.

В п.3.4.2.7 НП-001-15 [9] для БПУ и РПУ установлены такие же задачи:

- управление системами безопасности;
- управление переводом активной зоны реактора в подкритическое состояние и ее удержание в подкритическом состоянии;
- управление отводом тепла от реактора и бассейнов выдержки ОЯТ к конечному поглотителю;
- контроль состояния РУ и бассейнов выдержки ОЯТ.

Другие характеристики требований НП-001-15 [9] к БПУ и РПУ приведены выше, при обсуждении требования стандарта МАГАТЭ

SSR-2/1 (Rev. 1) [10] к блочному пункту управления.

Требование 67. Средства аварийного реагирования на площадке

Атомная станция должна иметь необходимые средства аварийного реагирования на площадке. Их проект должен быть таким, чтобы персонал мог выполнить намеченные задачи по управлению аварийным реагированием в условиях, вызванных авариями и угрозами.

Более полные требования к аварийному реагированию содержатся в стандарте МАГАТЭ на уровне общих требований GSR Part 7 [51]

В НП-001-15 [9] также предусмотрены требования в отношении средств аварийного реагирования. Так в п. 4.5.8 НП-001-15 [9] установлено, что до завоза ядерного топлива на АС должны быть созданы и поддерживаться в постоянной готовности защищенные пункты управления противоаварийными действиями, оснащенные необходимым оборудованием, приборами и средствами связи. Более конкретные требования к таким пунктам управления и порядку действий по аварийному реагированию содержатся в ФНП [41] и [52].

3.5.5. Аварийное электроснабжение

Требование 68. Проект для противостояния потере внешнего электроснабжения

Проект АС должен включать аварийное электроснабжение, способное поставить необходимую энергию при ожидаемых эксплуатационных событиях и проектных авариях в случае потери внешнего электроснабжения. Проект должен включать альтернативный источник энергии для поставки необходимой энергии в состояниях расширенного проекта.

Это требование было откорректировано при пересмотре стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] с целью учета опыта аварии на АЭС Фукусима Дайичи в Японии в 2011 г.

Один из уроков аварии на японской АЭС состоит в необходимости иметь специальные технические средства, обеспечивающие выполнение основных функций безопасности при полном обесточивании АС, а также при полной потере отвода тепла к конечному поглотителю. Указанные технические средства должны быть защищены от воздействий, возникающих при авариях (в том числе при запроектных авариях), например, за счет применения мобильных средств, хранящихся в безопасных местах². Соответствующие требования представлены в п. 3.1.4 НП-001-15 [9]. В п. 3.1.13 НП-001-15 [9] указывается, что должна быть показана достаточность специальных технических средств для управления запроектными авариями при возникновении аварий на всех блоках многоблочной АС одновременно.

В п. 3.1.5 НП-001-15 [9] предъявляется требование, чтобы в проекте АС были предусмотрены технические средства контроля состояния РУ и АС в условиях аварий, в том числе тяжелых аварий, а также средства послеаварийного мониторинга. При этом объем контроля РУ и АС, предусмотренный в проекте АС, должен быть достаточным для управления авариями. Подобное положение тоже отмечено в пояснительном тексте к рассматриваемому требованию.

² В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], в пояснительном тексте эти средства названы непостоянными.

3.5.6. Обеспечивающие и вспомогательные системы

Требование 69. Работа обеспечивающих и вспомогательных систем.

Проект обеспечивающих и вспомогательных систем должен предусматривать соответствие работы этих систем значению для безопасности систем или компонентов АС, которые они обслуживают.

Согласно п. 3.7.1 НП-001-15 [9], обеспечивающие системы безопасности, выполняют функции снабжения систем безопасности рабочей средой, энергией и созданием требуемых условий их функционирования, включая передачу тепла к конечному поглотителю. К обеспечивающим системам безопасности могут относиться также системы противопожарной защиты, обеспечивающие необходимые условия функционирования систем безопасности в случае возникновения пожара, либо предотвращение распространения пожара на системы безопасности.

В требовании п. 3.7.2 НП-001-15 [7] установлено, что обеспечивающие системы безопасности должны иметь показатели надежности выполнения заданных функций, достаточные для того, чтобы в совокупности с показателями надежности систем безопасности, которые они обеспечивают, достигалась необходимая надежность функционирования последних, определяемая в проекте АС. Это более конкретная форма того, что установлено в требовании 69 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

В требовании п. 3.7.3 НП-001-15 [7] установлено, что выполнение обеспечивающими системами безопасности установленных для них функций должно иметь приоритет над действием внутренних защит элементов обеспечивающих систем безопасности, если это не приводит к более тяжелым последствиям для безопасности АС. В стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] такого важного для безопасности требования нет.

В раздел стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], формулирующем требования к обеспечивающим системам безопасности, включены также вспомогательные системы, то есть системы, выполняющие аналогичные функции в отношении систем нормальной эксплуатации.

При этом рассмотрены следующие системы:

- теплопередающие системы (требование 70);
- системы отбора проб в технологическом процессе и после аварии (требование 71);
- системы сжатого воздуха (требование 72);
- системы кондиционирования воздуха и вентиляции (требование 73);
- системы противопожарной защиты (требование 74);
- системы освещения (требование 75);
- подъемное оборудование (требование 76).

При рассмотрении всех этих систем не делается различие между системами безопасности и системами нормальной эксплуатации, т.к. в каждом требовании речь идет и о нормальной эксплуатации и об авариях, либо требование относится к системам важным для безопасности, которые включают оба эти класса систем. В российских НД такой подход не применяется и предъявляемые требования дифференцируются.

На перечисленные системы распространяются соответствующие требования НП-001-15 [9], которые в ряде случаев дополняются и детализируются специальными ФНП или нормами и правилами других регулирующих органов в соответствии с их компетенцией.

Указанные нормы и правила полностью перекрывают все требования по данной тематике стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

Требование 70. Теплопередающие системы

Должны предусматриваться вспомогательные системы, пригодные для отвода тепла от систем и компонентов АС, для их функционирования в эксплуатационных состояниях и в условиях аварии.

Как отмечалось выше, в российской системе норм и правил системы, предназначенные для отвода тепла в условиях нормальной эксплуатации и аварий, рассматриваются отдельно. К первым относятся общие требования, установленные в НП-001-15 [9], а ко вторым относятся либо требования к системам безопасности, либо к специальным техническим средствам для управления запроектными авариями, установленные в НП-001-15 [9].

Требование 71. Системы отбора проб в технологическом процессе и после аварии

Для своевременного определения концентрации радионуклидов в жидкостных системах технологического процесса, в газовых и жидких пробах, взятых из систем или окружающей среды, во всех эксплуатационных состояниях и в условиях аварии на АС должны предусматриваться системы отбора проб во время технологического процесса и после аварии.

В российской системе НД вопросы отбора проб жидкости и газа с целью определения концентрации радионуклидов в жидкостных и газовых системах технологического процесса, подробно рассматриваются в санитарных правилах проектирования атомных станций [18]. Эти правила рассматривают как условия нормальной эксплуатации, так и условия аварий и полностью охватывают все соответствующие вопросы, представленные в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

Требование 72. Системы сжатого воздуха

Проектные основы для любой системы сжатого воздуха, служащей устройству, важному для безопасности на АС, должны определять качество, расход и чистоту воздуха.

Системы сжатого воздуха относятся либо к обеспечивающим системам безопасности, либо к вспомогательным системам нормальной эксплуатации. К последним предъявляются общие требования НП-001-15 [9], а к первым из них, кроме того, требования раздела 3.7 НП-001-15 [9], посвященного обеспечивающим системам безопасности АС.

Требование 73. Системы кондиционирования и вентиляции воздуха

Для поддержания необходимых условий окружающей среды для систем и компонентов, важных для безопасности, во всех состояниях станции должны предусматриваться системы кондиционирования, нагрева, охлаждения воздуха и вентиляции во вспомогательных помещениях или в других зонах АС.

В отношении систем кондиционирования и вентиляции воздуха на АС справедливо такое же замечание, как в предыдущем пункте. Кроме того, к таким системам применяются требования санитарных правил [18] и ФНП [53].

Требование 74. Системы противопожарной защиты

Системы противопожарной защиты, включая системы обнаружения и гашения пожара, противопожарные барьеры и системы контроля задымления, должны обеспечиваться всюду на АС в местах, выбранных по результатам анализа пожароопасности.

Как указывалось выше, в российской системе НД общее требование о необходимости обеспечения пожарной безопасности АС содержится в пунктах 1.2.29 и 3.1.7 НП-001-15 [9], а детальные требования по обеспечению пожаробезопасности – в специальных ФНП [31] и [32]. В них реализованы такие же принципы обеспечения пожаробезопасности, как и в стандарте МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10].

Требование 75. Системы освещения

Во всех рабочих зонах АС для эксплуатационных состояний и условий аварии должно предусматриваться соответствующее освещение.

В НП-001-15 [9] на системы освещения распространяются общие требования, предъявляемые к системам, важным для безопасности, и требования раздела 3.7 к тем из них, которые относятся к обеспечивающим системам безопасности. Кроме того, требования к системам освещения содержатся в ФНП [43].

Требование 76. Подъемное оборудование

На АС для подъема и опускания устройств, важных для безопасности, а также других близко расположенных к ним устройств должно предусматриваться подъемное оборудование.

В российской системе НД требования к важному для безопасности грузоподъемному оборудованию установлено в ФНП [54].

3.5.7. Другие системы преобразования мощности

Требование 77. Система снабжения паром, система питательной воды и турбогенераторы

Проекты системы снабжения паром, системы питательной воды и турбогенераторов для АС должны обеспечивать, соблюдение проектных пределов для границы контура теплоносителя реактора под давлением в эксплуатационных состояниях или в условиях аварии.

Турбинное оборудование АС в большей части является важным для безопасности и на него распространяются общие требования НП-001-15 [9], включая общее требование п. 3.1.8, который распространяется и на учет в проекте возможности образования летящих предметов при аварии турбины.

3.5.8. Обработка радиоактивных выделений и радиоактивных отходов

Требование 78. Системы для обработки отходов и контроля над ними

Для того, чтобы удерживать количество и концентрацию радиоактивных выбросов и сбросов ниже разрешенных пределов и на разумно достижимом низком уровне, на АС должны предусматриваться системы для обработки твердых и жидких радиоактивных отходов.

Ядерная и радиационная безопасность при обращении с РАО должна обеспечиваться в соответствии с требованиями Федерального закона № 190-ФЗ [68] и следующих федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [55], [56], [57], [58], [59] и [60]. Последний ФНП из приведенного перечня посвящен специально атомным станциям.

Остальные из перечисленного списка относятся ко всем ОИАЭ.

В п. 3.8.4 НП-001-15 [9] приведены требования безопасности к средствам обращения с твердыми и жидкими радиоактивными отходами, которые дополнены и детализированы в указанных выше ФНП.

Требование 79. Системы для обработки выделений и контроля над ними

АС должна оснащаться системами для обработки жидких и газообразных радиоактивных выделений для удержания их количества ниже разрешенных пределов на выбросы и сбросы и на таком низком уровне, как это достижимо на разумной основе.

В п. 3.8.4 НП-001-15 [9] установлены общие требования по оснащению АС системами очистки газообразных сред перед выбросом в атмосферу, а также системы очистки воды перед сбросом в водные объекты. В санитарных правилах [18] и ФНП [58] содержатся более детальные требования.

3.5.9. Системы обращения и хранения топлива

Требование 80. Системы обращения с топливом и его хранения

АС должна оснащаться системами обращения с топливом и его хранения, обеспечивающими сохранение его целостности и свойств.

Согласно требований к системам хранения ядерного топлива в п. 3.8.1 раздела 3.8 НП-001-15 [9], на атомных станциях должна обеспечиваться безопасность при обращении со свежим и отработанным ядерным топливом. Для этого предусматриваются хранилища свежего ядерного топлива и хранилища ОЯТ. Вместимость хранилищ для ОЯТ на каждом блоке АС должна обеспечивать возможность полной выгрузки ядерного топлива, находящегося в активной зоне в любой момент эксплуатации блока

АС. Безопасность хранилищ при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии обосновывается анализом.

В разделе 3.8. НП-001-15 [7] приведены общие требования безопасности к системам хранения ядерного топлива, такие как исключение критичности в хранилищах свежего ядерного топлива и ОЯТ (п. 3.8.2) отвод тепла к конечному поглотителю (п. 3.8.3), предотвращение образования взрывоопасных концентраций водородсодержащих смесей (п. 3.8.5), которые дополнены и детализированы в ФНП [61] и [62].

3.5.10. Радиационная защита

Требование 81. Проектирование радиационной защиты

Должны быть предусмотрены меры для поддержания доз эксплуатационного персонала АС ниже пределов доз и на разумно достижимом низком уровне с учетом соответствующих ограничений доз.

В соответствии с принятым в России подходом радиационная защита персонала и населения и радиационный контроль, о которых идет речь в требовании 81 стандарта МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10], должна обеспечиваться за счет соблюдения действующего законодательства в области радиационной безопасности (п. 4.4.1), а также требований, соответствующих ФНП в области использования атомной энергии.

Таким основополагающим документом для проектирования АС, кроме федерального закона [14], Норм радиационной безопасности [16] и основных санитарных правил [17], являются санитарные правила [18]. В них содержатся такие же требования, хотя и сформулированные иначе. Эти формулировки имеют более общий и всеобъемлющий характер.

Санитарные правила [18] содержат детальные требования по следующим вопросам проектирования радиационной защиты:

1. Генеральный план, промышленная площадка, санитарно-защитная

зона и зона наблюдения.

2. Защита персонала и населения.
3. Радиационный контроль.
4. Производственные помещения, здания и сооружения.
5. Организация технологического процесса и оборудование.
6. Выполнение ремонтных работ и техническое обслуживание оборудования.
7. Вентиляция и газоочистка.
8. Защита персонала и населения при авариях.
9. Медицинское обеспечение радиационной безопасности персонала АС и населения.
10. Водоснабжение.
11. Обращение с радиоактивными отходами.
12. Меры индивидуальной защиты и правила личной гигиены персонала.
13. Санитарно-бытовые помещения.
14. Обеспечение надежности профессиональной деятельности персонала АС.

Этими требованиями полностью покрываются все вопросы, затронутые в стандартах МАГАТЭ в части радиационной защиты в проекте.

Требование 82. Средства радиационного контроля

АС должна оснащаться оборудованием для радиационного контроля в эксплуатационных состояниях, условиях проектных аварий и, насколько это реально, в состояниях расширенного проекта.

Все эти вопросы освещены в указанных выше разделах санитарных правил [18]. Общие требования по радиационному и дозиметрическому контролю на АС предусмотрены также в пунктах 4.4.2 – 4.4.6 НП-001-15 [9]. В п. 4.4.7 установлено требование по безопасному обращению с РАО.

4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АС ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ (стандарт МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1))

4.1. Административное управление и организационная структура эксплуатирующей организации

Требование 1. Ответственность эксплуатирующей организации

Эксплуатирующая организация должна нести главную (основную) ответственность за безопасность эксплуатации АС.

Выше уже указывалось, что в системе российских НД ответственность и основные обязанности организаций, в том числе эксплуатирующей организации, устанавливаются в федеральном законодательстве, в частности в Федеральном законе [13], в котором также содержится требование по контролю субподрядных организаций, сформулированное в статье 35 в форме контроля выполнения программ обеспечения качества.

В НП-001-15 [9] ответственность эксплуатирующей организации за безопасность и ее основные задачи сформулированы в пунктах 1.2.23 и 4.1.1. Многие другие задачи эксплуатирующей организации содержатся в других пунктах раздела 1.2, посвященного основным критериям и принципам обеспечения безопасности, и главы IV, посвященной обеспечению безопасности атомных станций при вводе в эксплуатацию блока АС и при эксплуатации.

Так как многие положения стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], приведенные в пояснительном тексте, относятся к раскрытию известных НП-001-15 [9] заявлено в качестве одного из основополагающих принципов безопасности и для которой в п. 1.2.21 в развернутом виде приведены ее основные положения, то можно заключить, что весь этот набор положений об ответственности и обязанностях эксплуатирующей организации

содержится и в НП-001-15 [9]. Исключение составляет положение о создании в эксплуатирующей организации специальной структуры для поддержания комплексности проекта АС на протяжении всего срока ее службы, которое было рассмотрено выше при обсуждении соответствующей концепции.

Требование 2. Система административного управления

Эксплуатирующая организация должна установить, внедрить, оценивать и непрерывно улучшать систему интегрированного административного управления.

В пояснительном тексте к рассматриваемому требованию указывается, что система административного управления должна интегрировать в себе все элементы управления так, чтобы процессы и действия, которые могут повлиять на безопасность станции, устанавливались и осуществлялись в увязке с другими требованиями, включая требования к руководителям, защите здоровья и окружающей среды, работе персонала, охранным мерам, качеству и так, чтобы другие требования и запросы не ухудшали безопасность.

Это положение стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] означает переход от применявшейся ранее концепции обеспечения качества к более совершенной концепции интегрированной системы административного управления. Эта концепция была отражена в стандарте прежней серии SSS GS-R-3 [24], опубликованном в 2006 г. Этот стандарт был разработан значительно позже предшественников рассматриваемых стандартов МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] и SSR-2/1 (Rev. 1) [10]. По этой причине в предшественниках была отражена еще прежняя концепция обеспечения качества.

Новая концепция реализует базовый (фундаментальный) принцип «Лидерство и управление в целях безопасности» и завершает логическую цепочку развития подходов к обеспечению качества, о которой говорилось

ВЫШЕ:

- контроль качества;
- обеспечение качества;
- управление качеством;
- управление производством (организацией).

Система административного управления, формируемая в соответствии с новой концепцией, должна обеспечивать комплексное решение вопросов безопасности, здоровья, окружающей среды, физической защиты, качества и экономики без нанесения ущерба безопасности. При этом необходимо обеспечить поддержку культуры безопасности, регулярные оценки состояния безопасности и извлечение уроков из полученного опыта.

В п. 1.2.22 НП-001-15 [9] установлено требование о том, что эксплуатирующая организация должна реализовывать управление в целях безопасности, в разделе «Термины и определения» раскрыто содержание термина «управление в целях безопасности» в полном соответствии с изложенными выше положениями об интегрированном административном управлении.

Далее в новом стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] указывается, что система управления эксплуатирующей организации должна обеспечивать организационные меры по обеспечению безопасности в связи деятельностью внешних организаций поддержки. Ответственность за такую деятельность, контроль и надзор над ней лежит на эксплуатирующей организации. Для обеспечения этого эксплуатирующая организация должна установить соответствующую систему надзора. Она также должна нести ответственность за то, чтобы персонал внешних организаций поддержки, выполняющий работы на конструкциях, системах и компонентах, важных для безопасности, или работы, влияющие на безопасность, имел необходимую квалификацию для выполнения возложенных на него задач. Необходимо, чтобы в целом работа подрядных организаций была четко определена документально и одобрена эксплуатирующей организацией до

ее начала. Эксплуатирующей организации должны быть доступны знания проекта станции, производства и строительства на протяжении всего срока службы станции.

Выше уже отмечалось, что в России ответственность эксплуатирующей организации за работу субподрядных организаций и форма ее реализации установлена законодательно.

Эксплуатационная безопасность станции является объектом надзора регулирующего органа, не зависящего от эксплуатирующей организации. Эксплуатирующая организация должна представлять документы и информацию или обеспечивать их доступность в соответствии с требованиями регулирующего органа, разрабатывать и применять процедуру представления регулирующему органу сообщений об аномальных событиях, руководствуясь установленными критериями и принятыми в стране правилами. Для выполнения регулирующим органом своих функций эксплуатирующая организация должна оказывать ему необходимую помощь и предоставлять беспрепятственный доступ на станцию и к документации.

Это общепринятый подход, в том числе и в сравниваемых системах НД.

Требование 3. Структура и функции эксплуатирующей организации

Должны быть установлены и документально оформлены структура эксплуатирующей организации, а также функции, задачи и ответственность ее персонала.

В НП-001-15 [9] обязанности эксплуатирующей организации по созданию необходимой организационной структуры и распределению полномочий, в том числе наделении необходимыми полномочиями администрации станции и оказании ей необходимой поддержки, прописаны в п. 1.2.24 раздела, посвященного основным критериям и принципам

обеспечения безопасности и в п. 4.1.1 раздела, посвященного организации эксплуатации и эксплуатационной документации. В последнем из них содержится требование о предоставлении отчетной информации регулирующему органу.

Требование 4. Комплектация эксплуатирующей организации персоналом

Эксплуатирующая организация должна быть укомплектована компетентными руководителями и квалифицированным персоналом для безопасной эксплуатации станции.

В НП-001-15 [9] вопросу подбора и подготовки эксплуатационного персонала посвящен целый раздел 4.3. Прямо или косвенно он покрывает все вопросы, содержащиеся в рассмотренном выше требовании и пояснительном к нему тексте стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

Согласно определению атомной станции, в НП-001-15 [9], необходимые работники, или персонал составляют ее важнейшую часть.

При эксплуатации АС на рабочих местах должен находиться допущенный к самостоятельной работе по соответствующим должностям персонал, минимальные требования к количеству и составу которого устанавливаются в проекте АС и приводятся в ООБ АС и технологическом регламенте эксплуатации блока АС.

Для выполнения лицами из персонала АС определенных видов деятельности требуется наличие у них разрешений, выдаваемых органом государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

Подбор, подготовку, допуск к самостоятельной работе и поддержание квалификации персонала АС обеспечивает эксплуатирующая организация. Система подбора и подготовки персонала АС должна обеспечивать достижение, контроль и поддержание уровня его квалификации, необходимого для обеспечения безопасной эксплуатации АС во всех

режимах, а также для выполнения действий, направленных на ослабление последствий аварий при их возникновении.

Составным элементом подготовки должно быть формирование у персонала АС культуры безопасности.

При профессиональном обучении персонала АС для отработки практических навыков эксплуатации АС должны использоваться технические средства, включая тренажеры различных типов, допущенные к применению при подготовке персонала АС. Особое внимание уделяется отработке действий при возможных нарушениях, включая аварии, в работе АС и учету опыта эксплуатации.

Для подготовки персонала к действиям в условиях аварий должны периодически проводиться противоаварийные тренировки, методики и программы подготовки и проведения которых обеспечивает эксплуатирующая организация.

Вместе с тем имеется небольшое различие в отношении роли эксплуатирующей организации в определении квалификационных требований к персоналу.

В стандарте МАГАТЭ МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] указано, что эксплуатирующая организация должна ясно определить требования к квалификации и компетентности персонала, выполняющего функции безопасности. При этом оговорено, что для выполнения определенных эксплуатационных обязанностей может требоваться официальное разрешение или лицензия.

В требовании по п. 4.3.3 НП-001-15 [9] установлено, что эксплуатирующая организация устанавливает такие требования только для персонала, для которого не требуется получение разрешения органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

4.2. Административное управление в целях эксплуатационной безопасности

Требование 5. Политика в области безопасности

Эксплуатирующая организация должна установить и реализовать эксплуатационную политику, придающую высший приоритет безопасности.

Требование стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] о политике безопасности эксплуатирующей организации и положения, изложенные в пояснительном тексте к нему, относятся к раскрытию известных черт культуры безопасности, поддержание которой заявлено в НП-001-15 [9] в качестве одного из основополагающих принципов безопасности. Поэтому можно считать, что все изложенное в этом наборе положений содержится и в российских НД.

Требование 6. Пределы и условия для эксплуатации

Эксплуатирующая организация должна обеспечивать эксплуатацию станции с соблюдением набора установленных пределов и условий.

Прежде всего необходимо отметить, что в требовании 28 стандарта МАГАТЭ SSR 2/1 (Rev. 1) [10], рассматривавшемся выше, и в требовании 6 стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] используется термин «Operational limits and conditions», который обычно переводится на русский язык неприемлемым образом, даже в официальном переводе. Обычно он переводится дословно как «Эксплуатационные пределы и условия». Однако для России такой перевод является неприемлемым, так как в российской системе нормативных документов термин «Эксплуатационные пределы и условия» означает лишь часть пределов и условий, о которых идет речь в

стандартах МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) [10] и SSR-2/2 (Rev. 1) [11].
Правильным будет перевод «Пределы и условия для эксплуатации».

В пояснительном тексте к рассматриваемому требованию указано, что пределы и условия для эксплуатации должны включать следующее:

- пределы безопасности;
- ограничивающие уставки параметров для систем безопасности;
- пределы и условия для нормальной эксплуатации;
- требования по надзору и испытаниям;
- указания по действиям при отклонениях от нормальной эксплуатации.

Кроме этого, подробно описано как эксплуатирующая организация должна обеспечивать соблюдение этих пределов и условий.

В НП-001-15 [9] реализуется примерно такой же подход к пределам и условиям для эксплуатации, однако имеются и различия как в структуре пределов и условий, так и в конкретизации связанных с ними требований.

Во-первых, в НП-001-15 [9] нет термина «пределы и условия для эксплуатации», охватывающего весь набор пределов и условий. Таким интегральным термином в НП-001-15 [9] является термин «проектные пределы». Он включает пределы, для которых в НП-001-15 [9] даны четкие определения:

- пределы безопасной эксплуатации;
- эксплуатационные пределы;
- любые другие пределы, которые могут быть введены проектировщиком в проект, в том числе уставки систем безопасности и других систем, важных для безопасности.

Кроме указанных пределов, в НП-001-15 [9] введены соответствующие условия:

- условия безопасной эксплуатации;
- эксплуатационные условия.

Во-вторых, требования к этим пределам и условиям неодинаковы и

носят более конкретный характер. Так, согласно п. 4.1.2 НП-001-15 [9], блок АС должен быть остановлен, если пределы и условия безопасной эксплуатации, установленные для него, не могут быть соблюдены при работе реактора. При нарушении же эксплуатационных пределов в соответствии с требованием п. 4.6 ПБЯ РУ АС НП-082-07 [26] оперативный персонал должен выполнить определенную последовательность действий, установленную в проекте РУ (АС) и технологическом регламенте безопасной эксплуатации блока АС и направленную на приведение его к нормальной эксплуатации.

В содержащемся в НП-001-15 [9] перечне пределов и условий имеются условия не только для нормальной эксплуатации, как в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], но и для безопасной эксплуатации.

В соответствии с требованиями п. 4.1.2 НП-001-15 [9] пределы и условия безопасной эксплуатации должны быть приведены в технологическом регламенте, который является основным документом, определяющим безопасную эксплуатацию блока АС, и всегда доступен для оперативного персонала АС. Он входит в состав комплекта документов, на основе которых выдается лицензия на эксплуатацию энергоблока. На его основании разрабатываются инструкции по эксплуатации, инструкции и руководства, определяющие действия персонала по обеспечению безопасности при проектных и запроектных авариях. Эксплуатационные пределы и условия также включаются в технологический регламент, хотя прямо об этом в п. 4.1.2 НП-001-15 [9] не сказано.

В стандартах МАГАТЭ нет требования аналогичного требованию по п. 4.1.2 НП-001-15 [9] о технологическом регламенте эксплуатации блока АС. Нет также упоминаний и о каком-либо аналогичном эксплуатационном документе, кроме различных требований и положений, связанных с эксплуатационными процедурами. Вместе с тем, в международной практике такой документ существует – это «технические спецификации» по американской терминологии.

Документ «Технические спецификации» в американской практике представляет собой основной документ для эксплуатации, играющий такую же роль, как и технологический регламент эксплуатации блока АС в России. Однако по структуре и содержанию оба эти документа сильно отличаются друг от друга, хотя и предназначены решать сходные задачи. Это нужно иметь в виду, когда у кого-либо возникает желание воспользоваться аналогичным документом другой системы НД даже для обмена опытом.

Из приведенного сравнения следует, что несмотря на выявленные различия, по существу подходы в отношении пределов и условий для эксплуатации являются одинаковыми.

С термином «пределы и условия для эксплуатации» существует лингвистическая проблема, о которой уже говорилось выше, заключающаяся в том, что английский термин «operational limits and conditions», охватывающий все пределы и условия, при дословном переводе на русский язык означает только часть пределов и условий по российской терминологии. Поэтому правильным будет перевод «пределы и условия для эксплуатации». Однако при переводе русского термина «эксплуатационные пределы и условия», означающего лишь часть пределов и условий, на английский язык будет также происходить искажение смысла. Поэтому, чтобы избежать такого искажения при переводе с русского на английский язык к английскому «operational limits and conditions» нужно добавлять «for normal operation».

Требование 7. Квалификация и обучение персонала

Эксплуатирующая организация должна обеспечивать, чтобы всякая деятельность, которая может влиять на безопасность, выполнялась квалифицированными и компетентными лицами.

Как отмечалось выше, при рассмотрении требования 4 стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] в НП-001-15 [9] вопросам подбора и подготовки персонала посвящен целый раздел 4.3. В нем, хотя и в более

лаконичной форме, отражены практически все вопросы квалификации и подготовки персонала, содержащиеся в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

Требование 8. Исполнение деятельности, связанной с безопасностью

Эксплуатирующая организация должна обеспечить надлежащий анализ и контроль деятельности, связанной с безопасностью, и сохранение рисков вредных эффектов ионизирующего излучения на столь низком уровне, насколько это достижимо на разумной основе.

Большая часть положений, приведенных в пояснительном тексте к рассматриваемому требованию дополнительно раскрывает известные принципы оптимизации и культуры безопасности, содержащиеся в НП-001-15 [9]. Здесь они рассмотрены в отношении исполнения работ, влияющих на безопасность. Такие работы должны выполняться в соответствии разработанными инструкциями и процедурами, чему в НП-001-15 [9] также уделено достаточное внимание. В этих документах охвачены все вопросы, содержащиеся в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 [5], а по некоторым из них установлены более полные и конкретные требования. Например, в ПБЯ РУ АС НП-082-07 [26] установлено, что администрация АС на основе проектной документации и опыта эксплуатации должна разработать перечень ядерно-опасных работ. Работы по выводу в ремонт и вводу в работу важных для безопасности систем (элементов), а также испытания систем и элементов, не предусмотренные технологическим регламентом эксплуатации или инструкциями по эксплуатации, являются ядерно-опасными и должны проводиться по специальной рабочей программе, утвержденной администрацией АС В этой программе должны содержаться:

- цель проведения ядерно-опасных работ;
- перечень ядерно-опасных работ;

- технические и организационные меры по обеспечению ядерной безопасности;
- критерии и контроль правильности завершения ядерно-опасных работ;
- указание о назначении ответственного лица за проведение ядерно-опасных работ.

Требование о необходимости разработки перечня ядерно-опасных работ и выполнения их по специальным рабочим программам содержится также в п. 4.1.7 НП-001-15 [9]. В НП-001-15 [9] также дано определение ядерно опасных работ.

Требование 9. Контроль и обзоры безопасного исполнения работ

Эксплуатирующая организация должна установить систему для непрерывного контроля и периодических обзоров безопасности станции и собственной работы эксплуатирующей организации.

Рассмотренное требование является детализацией принципа культуры безопасности, который, как уже неоднократно отмечалось, достаточно полно отражен в НП-001-15 [9]. Однако здесь имеется новый важный и интересный элемент детализации, приведенный в пояснительном тексте. Имеется в виду положение о необходимости самооценки эксплуатирующей организацией качества исполнения работ, влияющих на безопасность, и способах ее реализации.

Это является современной положительной практикой многих организаций и требованием международных стандартов, например, ISO-9000 [63].

Прямое указание на необходимость осуществлять непрерывный контроль безопасности АС со стороны эксплуатирующей организации установлено в требовании по п. 1.2.25 НП-001-15 [9], а требование самооценки или самоконтроля работниками своей деятельности, влияющей на безопасность, записано в п. 1.2.21 как элемент культуры безопасности. В

разделе, посвященном терминам и определениям, дано определение понятия «самооценка».

Требование 10. Контроль конфигурации станции

Эксплуатирующая организация должна установить и внедрить систему управления конфигурацией станции для обеспечения соответствия между проектными требованиями, физической конфигурацией и документацией.

В НП-001-15 [9] в части, относящейся к эксплуатации, имеются более общие требования, касающиеся технологического регламента эксплуатации блока АС и инструкций по эксплуатации (пункты. 4.1.2 и 4.1.3). Технологический регламент эксплуатации блока АС содержит правила и основные приемы безопасной эксплуатации, общий порядок выполнения операций, связанных с безопасностью, а также пределы и условия безопасной эксплуатации, которые, согласно определению условий безопасной эксплуатации, данному в НП-001-15 [9], по существу содержат допустимые конфигурации. В инструкциях по эксплуатации положения технологического регламента детализируются и оперативному персоналу даются четкие указания и по допустимым конфигурациям, и по допустимым переключениям, а также по порядку их выполнения, который в общем виде установлен в основном документе Концерна «Росэнергоатом», эксплуатирующего АС в России и устанавливаемом на ведомственном уровне правила технической эксплуатации АС [64]. В этом документе предусмотрена специальная глава о порядке ввода и вывода оборудования из работы в разных условиях эксплуатации, порядке переключений оборудования, в том числе находящегося в оперативном диспетчерском управлении. Таким образом, все положения рассматриваемого требования в российской нормативной практике полностью охвачены.

Требование 11. Управление модификациями

Эксплуатирующая организация должна установить и осуществлять программу управления модификациями.

Как указано в пояснительном тесте к данному требованию, программа управления модификациями должна устанавливаться и осуществляться с целью выявления, определения, отбора, разработки, оценки, разрешения, внедрения и регистрации необходимых модификаций. Программы модификаций должны относиться к конструкциям, системам и компонентам, пределам и условиям для эксплуатации, процедурам, документам и структуре эксплуатирующей организации. Модификации следует характеризовать на основе их значения для безопасности. Они должны быть предметом одобрения регулирующего органа в соответствии с их значением для безопасности и в плане национальных мероприятий.

В системе российских НД по безопасности вместо термина «модификации» в отношении систем (элементов) и АС в целом используется термин «модернизация», во всех остальных случаях говорят о внесении «изменений». Такие изменения могут быть обусловлены различными причинами, в том числе и модернизацией АС.

В НП-001-15 [9] требования к модернизации, содержатся в п. 4.1.10, который был рассмотрен выше, а также в пунктах 1.2.7, 4.1.17, 4.3.7 и 5.4. Они затрагивают своевременное внесение необходимых изменений в эксплуатационную документацию после проведения модернизации и реконструкции систем и элементов АС до начала их эксплуатации, применение принципа апробированной практики при модернизации, учет модернизации при периодических оценках безопасности, внесение необходимых изменений в эксплуатационную документацию и ознакомление с ними соответствующего персонала, а также учет модернизации при подготовке АС к выводу из эксплуатации. Все остальные вопросы решаются по процедурам внесения изменений в условия действия лицензии.

Требование 12. Периодические оценки безопасности

В соответствии с регулируемыми требованиями, в течение всего срока службы станции эксплуатирующая организация должна выполнять систематические оценки безопасности с учетом эксплуатационного опыта и новой важной информации, связанной с безопасностью, полученной из всех подходящих источников.

В российской системе НД для оценок и обоснования безопасности АС предусматривается отчет по обоснованию безопасности ООБ АС [28, 65] документ эквивалентный по своему объему и содержанию отчету по анализу безопасности, разработка которого с той же целью принята в западных странах. Необходимость разработки ООБ АС установлена в п. 1.2.8 НП-001-15 [9], в котором указано, что любые расхождения между информацией, содержащейся в ООБ АС, и информацией в проекте АС, а также между проектом АС и его реализацией не допускаются. Соответствие ООБ АС реальному состоянию должно поддерживаться эксплуатирующей организацией АС в течение всего срока службы станции.

Первоначально в России выполнение периодических оценок безопасности в том виде, как это сейчас принято на Западе и впервые было отражено в стандарте NS-R-2, а теперь и в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], не предусматривалось. Вместо этого требовалось постоянное, в течение всего срока службы станции, обновление ООБ АС.

Модернизация энергоблоков, построенных в России по старым нормам и правилам, привела к необходимости разработки для обоснования их безопасности документации, по существу, такой же, как в западных странах при выполнении периодической оценки безопасности. С этой целью было разработано специальное руководство по безопасности [66]. В дальнейшем оно было заменено руководством [67] практически с тем же содержанием, действие которого было распространено на все действующие энергоблоки, для которых не разрабатывался ООБ АС в соответствии с

требованиями ФНП [28] или [65].

Сейчас требование о проведении периодической оценки безопасности АС установлено в п. 4.1.17 НП-001-15 [9]. Согласно этому требованию для АС, имеющих лицензию на эксплуатацию на срок более десяти лет, каждые 10 лет в установленном порядке должна выполняться периодическая оценка безопасности блока АС с учетом изменения характеристик площадки размещения АС, процессов старения элементов АС (в том числе оборудования, строительных конструкций), проведенных модернизаций, опыта эксплуатации, современного уровня развития науки, техники и производства, а также изменения требований нормативных документов с целью подтверждения возможности продолжения безопасной эксплуатации АС. А для рекомендаций по выполнению такой оценки разработан НД на уровне руководства по безопасности [38].

Требование 13. Проверка оборудования

Эксплуатирующая организация должна обеспечить выполнение систематических оценок для надежного подтверждения пригодности важных для безопасности устройств к выполнению работы при всех эксплуатационных состояниях и аварийных условиях.

В предыдущей редакции рассматриваемого стандарта (NS-R-2) вопросы аттестации оборудования не рассматривались, так как они детально были рассмотрены в стандарте по проектированию NS-R-1. Сейчас в новом стандарте по эксплуатации такой раздел также появился, хотя он по-прежнему более подробно рассматривается в новом стандарте по проектированию МАГАТЭ SSR 2/1 (Rev. 1) [10].

В НП-001-15 [9] требования к проверкам оборудования для подтверждения их проектных характеристик содержатся в пунктах 3.1.6 и 3.1.14 части, относящейся к проектированию, и в пунктах 4.1.6 и 4.1.9 части, относящейся к эксплуатации АС.

Кроме того, как уже отмечалось при обсуждении различий в

терминологии, в российской нормативной практике не используется термин «аттестация оборудования». В НД, входящих в систему российских норм и правил, таких как [35] и [36], используется близкий по содержанию термин «техническое освидетельствование», процедура которого в этих документах подробно представлена, а в НП-001-15 [9] и многих других ФНП используется термин «проверка».

Требование 14. Управление старением

Эксплуатирующая организация должна внедрить эффективную программу управления старением систем, конструкций и компонентов, обеспечивающую выполнение функций безопасности в течение всего срока службы станции.

Это требование раздел появилось в новом стандарте по эксплуатации АС в ответ на требования в отношении старения, сформулированных международной ассоциацией регуляторов WENRA. Согласно этим требованиям, эксплуатирующая организация должна разработать специальную программу по управлению старением с целью определения механизмов старения конструкций, систем и компонентов, важных для безопасности, определения возможных последствий и мер, необходимых для поддержания их работоспособности и надежности, что и отражено в рассмотренном разделе.

В НП-001-15 [9] вопросы старения систем и элементов решаются при осуществлении деятельности по управлению ресурсом элементов АС в соответствии с требованием по п.1.2.31 НП-001-15 [9] и ФНП [68], в котором более детально рассмотрены эти вопросы.

При периодических оценках безопасности, которые в России проводятся в соответствии с НД [38], вопрос анализа состояния ресурса оборудования и систем, важных для безопасности, с учетом механизмов износа и старения выделен специально.

Требование 15. Документация и отчетность

Эксплуатирующая организация должна установить и поддерживать систему управления документооборотом и отчетностью.

Аналогичное требование содержится в п. 4.1.10 НП-001-15 [9], согласно которому эксплуатирующая организация должна установить и поддерживать порядок ведения, хранения и пересмотра эксплуатационной документации.

В соответствии с этим, в правилах технической эксплуатации АС [64] имеется специальный раздел, в котором указан порядок ведения производственно-технической документации, виды документации и формы контроля над ней. Кроме того, требования к ведению документации, содержатся в ФНП [22].

Требование 16. Программа продления срока эксплуатации

Эксплуатирующая организация должна установить и осуществлять всестороннюю программу обеспечения долгосрочной безопасной эксплуатации станции вне периода, установленного в условиях действия лицензии, рамках проекта, стандартах безопасности и/или в регулирующих правилах.

Это новое требование, которое впервые включено в рассматриваемый стандарт в ответ на запросы времени, когда многие энергоблоки АС исчерпали или близки к исчерпанию своего проектного срока службы, хотя ресурс значительной части оборудования АС до конца не выработан и оно способно продолжать безопасно эксплуатироваться за пределами назначенного в проекте срока службы.

В НП-001-15 [9] вопрос о возможности продления срока службы АС затронут в п. 4.1.18, согласно которому эксплуатирующая организация по результатам деятельности по управлению ресурсом элементов АС, важных

для безопасности, анализа соответствия блока АС требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии может ставить вопрос о продлении срока эксплуатации блока АС сверх назначенного проектом срока его эксплуатации. Для эксплуатации блока АС в период дополнительного срока должна быть получена новая лицензия на эксплуатацию блока АС. Более детально вопросы продления срока службы АС рассмотрены в документе на уровне ФНП [69].

4.3. Эксплуатационные программы безопасности

Требование 17. Рассмотрение в программах безопасности целей защиты ядерной установки от злонамеренных действий

Эксплуатирующая организация должна обеспечить выполнение требований безопасности и требований защиты от злонамеренных действий в соответствии с целями безопасности и целями защиты от злонамеренных действий.

В предыдущем стандарте по проектированию АС NS-R-1, так же как и в ОПБ-88/97 [8], термины «защита ядерной установки от злонамеренных действий» (nuclear security) или просто «защита от злонамеренных действий» (security) не применялись. Там речь шла о физической защите (physical protection), которая является составной частью более общего понятия «защита от злонамеренных действий». В рассматриваемом стандарте применена новая терминология, но так же как и в НП-001-15 [9], тема защиты от злонамеренных действий не раскрывается, а делается ссылка на специальные руководства³. Требование же стандарта акцентирует внимание на необходимости согласования программ по обоим

³ Руководства по мерам защиты ядерной установки от злонамеренных действий представлены в серии МАГАТЭ: Серия защиты ядерной установки от злонамеренных действий (Nuclear Security Series).

направлениям безопасности. В России также имеются специальные руководства по организации физической защиты различных объектов использования атомной энергии.

При обновлении НП-001-15 [9] идея рассматриваемого требования стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] о необходимости согласования программ по обоим направлениям безопасности учтена и отражена в требовании п. 1.2.29 НП-001-15 [9], однако переходить на новую терминологию сочтено не целесообразным, так как для этого нет серьезных оснований.

Вопросы физической защиты рассмотрены также в специальном ФНП [42], в котором так же как и в рассматриваемом требовании стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [10] и НП-001-15 [9] установлено, что физическая защита и меры ядерной безопасности необходимо разрабатывать и внедрять таким образом, чтобы одно направление не ставило под угрозу другое.

Требование 18. Аварийная готовность

Эксплуатирующая организация должна подготовить аварийный план для готовности и реагирования на ядерные или радиологические чрезвычайные ситуации.

В НП-001-15 [9] вопросам аварийной готовности посвящен специальный раздел 4.5, в котором отражены все вопросы, включенные в стандарт МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11]. Требования по подготовке и содержанию такого плана включены в специальный ФНП [41].

В требовании 18 речь идет о подготовке одного аварийного плана, который должна подготовить эксплуатирующая организация.

В НП-001-15 [9] (пункты 4.5.1, 4.5.4 и 4.5.7) речь идет о двух планах – плане мероприятий по защите персонала в случае аварии на АС и плане мероприятий по защите населения в случае аварии на АС.

Первый из этих планов (п. 4.5.5) разрабатывается администрацией АС в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области

использования атомной энергии, в частности, упомянутым ФНП [41]. Он предусматривает координацию действий АС и внешних организаций, органов внутренних дел, государственной противопожарной службы, органов управления в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, медицинских учреждений, органов местного самоуправления в пределах площадки и зоны планирования защитных мероприятий.

Второй план (п. 4.5.6) предусматривает координацию действий объектовых и территориальных сил органов по чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, а также министерств и ведомств, участвующих в реализации мероприятий по защите населения и в ликвидации последствий аварии, и относится к зоне их ответственности.

В системе стандартов МАГАТЭ требования по вопросам аварийной готовности и реагирования в более широком плане, чем представлено в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], содержатся в стандарте на уровне общих требований по безопасности GSR Part. 7 [51]. Здесь установлены требования ко всем участникам процессов аварийной готовности и реагирования, начиная с правительства, при этом, принят во внимание опыт аварии на АЭС Фукусима Дайичи в Японии в 2011 г. Российское законодательство в этой области и другие нормативные правовые акты учитывают требования данного стандарта.

С учетом опыта аварии на АЭС Фукусима Дайичи в требовании по п. 4.5.2 НП-001-15 [9] установлено, что планы мероприятий должны предусматривать меры на случай одновременного возникновения запроектных аварий на нескольких блоках АС и иных ОИАЭ, расположенных на площадке АС, которые сопровождаются нарушениями инфраструктуры вне площадки АС такими, например, как блокировка подъездных путей, нарушениями электроснабжения АС, нарушениями связи.

Требование 19. Программа управления аварией

Эксплуатирующая организация должна установить и периодически рассматривать, а при необходимости пересматривать программу управления запроектными авариями.

В предшествующем стандарте NS-R-2, в отличие от ОПБ-88/97 [8], такое требование отсутствовало. В НП-001-15 [9] требования к управлению авариями даны в разделе 5.5 примерно в таком же объеме, как и в рассматриваемом требовании нового стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], куда они были внесены исходя из рекомендаций ассоциации WENRA.

В требовании 19 стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [10] вопросы управления аварией представлены, как требования к содержанию программы по управлению аварией. В российской системе НД такая программа не разрабатывается, а разрабатывается руководство по управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми, в соответствии с требованием по п. 4.1.5. Детальные рекомендации по разработке такого руководства содержатся в НД на уровне руководства по безопасности РБ-102-15 [45].

В требовании по п. 4.5.9. НП-001-15 [9] установлено, что при управлении запроектной аварией должны предприниматься действия для возвращения блока АС в контролируемое состояние, при котором прекращается цепная реакция деления, обеспечиваются постоянное охлаждение топлива и удержание радиоактивных веществ в установленных границах; действия по предотвращению развития запроектной аварии и ослаблению ее последствий, в том числе по защите герметичного ограждения реакторной установки от разрушения и поддержанию его работоспособности.

Требование 20. Радиационная защита

Эксплуатирующая организация должна установить и осуществлять программу радиационной защиты.

В НП-001-15 [9] радиационной безопасности при эксплуатации посвящен раздел 4.4.

В требовании по п. 4.4.1 НП-001-15 [9] установлено, что радиационная защита персонала и населения при эксплуатации АС обеспечивается соблюдением действующего законодательства в области радиационной безопасности, а также требований ФНП в области использования атомной энергии и иных нормативных правовых актов.

Здесь, так же как в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] делается ссылка на специализированные НД. Для России это Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» [14], Нормы радиационной безопасности [16] и Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности [17]. В них, с учетом международных норм [71] и рекомендаций МКРЗ/ICRP, рассмотрены все вопросы радиационной защиты при эксплуатации техногенных источников излучения, к которым относятся и атомные станции.

В других пунктах раздела 4.4 НП-001-15 [9], также как в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], акцентируется внимание на контроле доз облучения персонала и снижении их до разумно достижимого уровня. Таким образом, в части радиационной безопасности при эксплуатации стандарт МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] и НП-001-15 [9] по существу эквивалентны.

Требование 21. Обращение с радиоактивными отходами

Эксплуатирующая организация должна установить и осуществлять программу обращения с радиоактивными отходами.

В НП-001-15 [9], в разделе, посвященном эксплуатации, вопросы организации безопасной эксплуатации блока АС отражены в общем виде без выделения большинства отдельных направлений. Все они отражены в технологическом регламенте, содержащем правила и основные приемы безопасной эксплуатации, общий порядок выполнения операций, связанных с безопасностью, а также пределы и условия безопасной эксплуатации.

Эксплуатирующая организация обеспечивает разработку технологического регламента в соответствии с проектом АС и отчетом по обоснованию безопасности АС, в котором в соответствии с требованием п. 3.8.1 НП-001-15 [9] должна быть представлена информация об обеспечении безопасности при обращении со свежим и отработавшим ядерным топливом, радиоактивными отходами. Детальные рекомендации по разработке технологического регламента содержатся в руководстве по безопасности РБ-121-16 [55], в котором рекомендуется в раздел, посвященный правилам и основным приемам эксплуатации и общему порядку выполнения операций, связанных с безопасностью, включать подраздел «Обеспечение нормальной эксплуатации АС при обращении с радиоактивными отходами».

Проект АС, отчет по обоснованию безопасности и технологический регламент разрабатываются в соответствии с действующими НД, в том числе и по направлению обращения с радиоактивными отходами [25, 56-58, 60]. Поэтому нет необходимости детализировать в НП-001-15 [9] требования по данному направлению деятельности эксплуатирующей организации, как и по другим отдельным направлениям безопасности при эксплуатации, как это сделано в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

Требование 22. Пожарная безопасность

Эксплуатирующая организация должна принять меры для обеспечения пожарной безопасности.

Вопросы пожарной безопасности уже рассматривались выше, при обсуждении требования 17 стандарта МАГАТЭ SSR 2/1 (Rev. 1) [10], посвященного внутренним и внешним опасностям. Однако в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] эта тема появляется вновь применительно к эксплуатации в требовании 22.

В НП-001-15 [9] к эксплуатации относится только п. 4.5.5, устанавливающий необходимость предусматривать координацию действий АС и внешних организаций, включая государственную противопожарную службу при разработке плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на АС. Все другие вопросы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии обеспечиваются в соответствии с Федеральным законом «О пожарной безопасности» [49] и другими нормативными правовыми актами, такими как [72-74]. В них реализованы такие же принципы обеспечения пожаробезопасности, как и в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

Требование 23. Безопасность, не связанная с радиацией

Эксплуатирующая организация должна разработать и осуществлять программу сохранения рисков, связанных с нерадиационными опасностями, на разумно достижимом низком уровне.

НП-001-15 [9] и другие развивающие их НД регламентируют только связанные с радиацией риски, что заявлено в их первом п. 1.1.1. Риски, связанные с другими опасностями, регламентируются другими НД, например, требованиями по промышленной безопасности, которые

применяются в области использования атомной энергии в части не противоречащей Федеральному закону [13] и соответственно вводимых на его основании ФНП.

Требование 24. Обратная связь с опытом эксплуатации

Эксплуатирующая организация должна установить программу учета собственного и международного опыта эксплуатации для извлечения уроков из событий на станции, в ядерной промышленности и других отраслях промышленности.

Вопросы сбора, обработки, анализа, систематизации и хранения информации об отказах элементов систем, важных для безопасности, и неправильных действиях персонала, а также ее оперативной передачи всем заинтересованным организациям отражены в требованиях по пунктам 4.1.13, 4.1.14, 4.1.15 и 4.1.16 НП-001-15 [9]. В России нарушения в работе АС, включая аварии, расследуются в соответствии с ФНП [75]. Материалы расследования нарушений в работе АС должны храниться на протяжении всего срока эксплуатации АС.

Особое внимание при сборе и анализе нарушений в работе АС уделяется событиям, являющимся предвестниками тяжелых аварий, чтобы до возникновения таких событий обеспечивалась возможность принятия необходимых корректирующих мер.

Согласно требованию по п. 4.1.16. НП-001-15 [9] в случае выявления эксплуатирующей организацией отклонения (события), являющегося предвестником тяжелой аварии, для которого условная вероятность перехода в тяжелую аварию составляет 10^{-3} или более, эксплуатирующая организация должна разработать план реализации мероприятий по предотвращению аналогичных отклонений (событий), а также разработать обоснование возможности эксплуатации блока АС на мощности на период до реализации мероприятий, предусмотренных данным планом. Указанные план и обоснование направляются эксплуатирующей организацией в

уполномоченный орган государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии на рассмотрение.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] примерно такой же подход как в российских ФНП. Тем не менее два вопроса следует отметить, по которым имеются некоторые различия.

В стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] большое внимание уделено извлечению уроков из эксплуатационного опыта других ядерных установок и даже других отраслей промышленности. В НП-001-15 [9] эта тема сформулирована в п. 1.2.21 в качестве одного из принципов культуры безопасности: «понимания каждым руководителем и работником недопустимости сокрытия ошибок в своей деятельности, необходимости выявления и устранения причин их возникновения, необходимости постоянного самосовершенствования, изучения и внедрения передового опыта, в том числе зарубежного».

Второй вопрос связан с концепцией предшественников тяжелой аварии. Во-первых, в НП-001-15 [9] с тем же смыслом используется термин «предвестник тяжелой аварии». Во-вторых, в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] предшественник неблагоприятных для безопасности событий или тенденций лишь упомянут в качестве задачи по его выявлению при исследовании специалистами информации об эксплуатационном опыте.

В НП-001-15 [9] приведенное выше требование установлено как указание на необходимость предпринимать определенные оперативные действия.

4.4. Ввод станции в эксплуатацию

Требование 25. Программа ввода станции в эксплуатацию

Эксплуатирующая организация должна разработать программу ввода станции в эксплуатацию и осуществить ее.

Как сказано в пояснительном тексте к требованию 25 стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], программа ввода станции в эксплуатацию должна охватывать полный диапазон условий, требуемых в проекте и в лицензионном пакете безопасности. Программу ввода в эксплуатацию необходимо разделить на этапы.

Для каждого этапа должно быть закончено рассмотрение результатов испытаний прежде, чем работа продолжится на следующем этапе. На основе рассмотрения делается заключение о том, можно ли переходить к следующему этапу программы ввода в эксплуатацию.

Программа ввода в эксплуатацию должна включать все испытания, необходимые для демонстрации того, что построенная и смонтированная станция отвечает требованиям анализа безопасности, соответствует проекту и, следовательно, может благополучно эксплуатироваться без нарушения пределов и условий для эксплуатации.

В НП-001-15 [9] вводу в эксплуатацию посвящен специальный раздел 4.2. В нем, по существу, отражены все вопросы, содержащиеся в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11]. Вместе с тем, некоторые положения весьма существенно уточнены.

В терминах и определениях НП-001-15 [9] содержится понятие «ввод в эксплуатацию блока АС». При этом, указано, что ввод в эксплуатацию блока АС включает следующие четыре этапа: предпусковые наладочные работы, физический пуск, энергетический пуск и опытно-промышленную эксплуатацию.

Опытно-промышленная эксплуатация завершается приемкой

энергоблока АС в промышленную эксплуатацию. В терминах и определениях НП-001-15 [9] приведены определения каждого из указанных этапов ввода в эксплуатацию блока АС.

В проекте АС должны устанавливаться и обосновываться, а в ООБ АС представляться требования к последовательности и объему работ, выполняемых на этапах предпусковых наладочных работ, физического пуска, энергетического пуска, опытно-промышленной эксплуатации, в том числе порядок проведения проверки систем и элементов АС, важных для безопасности, на соответствие проектным показателям, включая приемочные критерии.

Администрация АС обеспечивает разработку и согласование с разработчиками проекта РУ и АС программы предпусковых наладочных работ, физического пуска, энергетического пуска, опытно-промышленной эксплуатации. Программы должны быть утверждены эксплуатирующей организацией.

Документы, регламентирующие проведение предпусковых наладочных работ, физического и энергетического пусков и опытно-промышленной эксплуатации, должны содержать перечень ядерно-опасных работ и перечень мер, направленных на предотвращение ядерной аварии.

Согласно требованию по п. 4.2.5 НП-001-15 [9], вводимый в эксплуатацию блок АС должен быть изолирован от других действующих блоков и участков, где продолжаются работы по сооружению, чтобы ведущиеся работы и возможные нарушения на этих участках не повлияли на безопасность вводимого в эксплуатацию блока АС, а при возможных авариях на действующем блоке обеспечивалась безопасность на сооружаемом блоке.

В соответствии с требованием по п. 4.2.7, первый завоз ядерного топлива на площадку, физический и энергетический пуски блока АС, опытно-промышленная эксплуатация разрешаются в соответствии с условиями перехода от одного этапа работ к другому, установленными в условиях действия лицензии на эксплуатацию после проведения проверки

уполномоченным органом государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии готовности АС к этим этапам ввода блока АС в эксплуатацию, при наличии планов защиты персонала и населения в случае аварии на АС и их обеспечении.

После завершения этапа опытно-промышленной эксплуатации должна быть разработана окончательная редакция ООБ АС, которая должна учитывать результаты, полученные на этапах физического, энергетического пусков и опытно-промышленной эксплуатации блока АС.

4. 5. Эксплуатация станции

Требование 26. Эксплуатационные процедуры

В соответствии с политикой эксплуатирующей организации и требованиями регулирующего органа должны быть разработаны эксплуатационные процедуры для всестороннего применения (для реактора и связанных с ним систем) при нормальной эксплуатации, ожидаемых при эксплуатации событиях и аварийных условиях.

Для обозначения эксплуатационных документов, которыми руководствуется персонал в процессе эксплуатации в стандартах МАГАТЭ используется термин «эксплуатационные процедуры». Они разрабатываются, как сказано в требовании 26 стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], для всестороннего применения (для реактора и связанных с ним систем) при нормальной эксплуатации, ожидаемых при эксплуатации событиях и аварийных условиях.

Разработка таких процедур в НП-001-15 [9] предусмотрена пунктами 4.1.4 и 4.1.5. Согласно первому из них администрация АС на основании утвержденного технологического регламента эксплуатации блока АС и документации разработчиков оборудования и разработчиков проектов АС и РУ до предпусковых наладочных работ обеспечивает разработку инструкций по эксплуатации систем и оборудования.

Инструкции по эксплуатации систем и оборудования должны содержать конкретные указания персоналу о способах ведения работ при нормальной эксплуатации, эксплуатации с отклонениями и предаварийных ситуациях.

По результатам ввода в эксплуатацию блока АС инструкции по эксплуатации должны быть откорректированы.

Согласно требований п. 4.1.5 НП-001-15 [9], администрация АС на основе технологического регламента эксплуатации блока АС и ООБ АС организует разработку, выпуск и соблюдение инструкций и руководств, определяющих действия персонала по обеспечению безопасности при нарушениях нормальной эксплуатации, включая инструкцию по ликвидации проектных аварий и руководство по управлению запроектными, в том числе тяжелыми, авариями.

Предписываемые инструкциями и руководствами действия персонала должны основываться на признаках происходящих событий и состояний РУ и АС в целом и прогнозе ожидаемого развития аварий. Основанные на прогнозе действия должны быть направлены на восстановление функций безопасности и ограничение последствий аварий.

Приведенные требования к эксплуатационным инструкциям и руководствам полностью соответствуют установленным в стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] требованиям к эксплуатационным процедурам.

По некоторым вопросам безопасности, связанным с эксплуатационными процедурами в НД России даны более полные и конкретные требования. Например, в п. 4.1.7 НП-001-15 [9] и в ПБЯ РУ АС [26] установлено, что администрация АС на основе проектной документации и опыта эксплуатации должна разработать перечень ядерно-опасных работ. Согласно определению, данному в НП-001-15 [9] к ядерно-опасным работам отнесены работы с системами или элементами АС, важными для безопасности (включая испытания, вывод в ремонт и ввод в работу), не предусмотренные технологическим регламентом эксплуатации

блока АС и инструкциями по эксплуатации, а также иные работы, включенные в перечень ядерно-опасных работ эксплуатирующей организацией на основе опыта эксплуатации, в том числе по результатам расследования нарушений в работе АС, с учетом проектной и конструкторской документации, вследствие необходимости установления к таким работам особых требований, не отраженных в технологическом регламенте эксплуатации блока АС и инструкциях по эксплуатации.

Эти работы должны проводиться по специальным рабочим программам, утвержденным администрацией АС, содержащим:

- цель проведения ядерно-опасных работ;
- перечень ядерно-опасных работ;
- технические и организационные меры по обеспечению ядерной безопасности;
- критерии и контроль правильности завершения ядерно-опасных работ;
- указание о назначении ответственного лица за проведение ядерно-опасных работ.

Необходимость использования двух подходов при разработке аварийных инструкций и руководств, одного, ориентированного на события и второго, ориентированного на признаки состояний, установлена в п. 4.1.5 НП-001-15 [9].

Требование об информационной поддержке оператора сформулировано в п. 3.4.5.1 НП-001-15 [9]. Естественно, что использование не предусмотренных проектом средств поддержки оператора и, следовательно, не содержащихся в условиях действия лицензии, не допускается и вряд ли это следует специально оговаривать, как это сделано в пояснительном тексте стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11].

Требование 27. Пункты управления и их оборудование

Эксплуатирующая организация должна обеспечивать, чтобы пункты управления и их оборудование поддерживались в надлежащем состоянии.

В прежней редакции рассматриваемого стандарта, относящегося к эксплуатации, так же как и в ОПБ-88/97 [8], таких требований не было. Все подобного рода требования к пунктам управления и к их оборудованию содержатся в разделах, относящихся к проектированию, и вряд ли их следует дублировать в разделе, относящемся к эксплуатации. Вместе с тем, здесь содержится важный принцип приоритезации аварийных сигналов на блочном пункте управления. При обновлении ОПБ АС он был включен в п. 3.4.2.4 раздела проектирования НП-001-15 [9].

Требование 28. Материальные условия и ведение хозяйства

Эксплуатирующая организация должна разработать и осуществлять программы для поддержки высокого уровня материальных условий, ведения хозяйства и соблюдения чистоты во всех рабочих зонах.

Так же как и предыдущее, данное требование в прежней редакции рассматриваемого стандарта, а также в ОПБ-88/97 [8], предусмотрено не было. Все такого рода условия и требования должны предусматриваться в проекте и отражаться в отчете по обоснованию безопасности. В соответствии с условиями действия лицензии эксплуатирующая организация обязана их соблюдать. В России обычно такие требования приводятся в соответствующих руководящих документах эксплуатирующей организации. В частности, в правилах эксплуатации АС [64] предусмотрены требования по контролю и содержанию территории, производственных зданий и сооружений. Необходимость включения подобного рода требований в ОПБ не очевидна.

Требование 29. Химическая программа

Эксплуатирующая организация должна установить и осуществлять химическую программу для необходимой поддержки химии и радиохимии.

Данное требование в прежней редакции рассматриваемого стандарта и в ОПБ-88/97 [8], предусмотрено не было. Причины этого такие же как указанные при рассмотрении предыдущих двух требований. В документе эксплуатирующей организации [64] вопросы водной химии и химического контроля при эксплуатации также предусмотрены. Этому вопросу посвящено действующее в России руководство по безопасности [59].

Требование 30. Обращение с активной зоной и топливом

Эксплуатирующая организация должна быть ответственна за организацию деятельности по обращению с активной зоной и топливом.

В НП-001-15 [9] и правилах ядерной безопасности НП-082-07 [26] нет разделов с таким же названием, как рассматриваемое требование. Однако практически все его положения по управлению активной зоной и обращению с топливом, приведенные в пояснительном тексте к данному требованию МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], содержатся в этих документах или вытекают из содержащихся в них более общих требований. Более того, по ряду положений даются количественные критерии.

В НП-001-15 [9] требования по обращению и транспортированию топлива содержатся в разделе 3.8 «Системы хранения ядерного топлива и радиоактивных отходов». А в НП-082-07 [26] есть специальный раздел с требованиями к порядку и устройствам для перегрузки топлива. Все характеристики топлива, разрешенного для эксплуатации, содержатся в паспорте реакторной установки, который, согласно требованию по п. 4.3,

должен быть оформлен эксплуатирующей организацией до начала эксплуатации блока АС. Кроме того, в специализированных ФНП [61] детально отражены все вопросы хранения и транспортирования свежего и отработавшего ядерного топлива, более подробно раскрывающем требование п.3.8.1 НП-001-15 [9].

В приложении к НП-082-07 [26] для разных типов реакторов, применяемых в России, установлены значения пределов повреждения топлива для различных условий эксплуатации, в том числе для аварий. Наряду с этим, установлены требования к коэффициентам реактивности.

4.6. Техническое обслуживание, испытания, надзор и инспекции

Требование 31. Программы технического обслуживания, испытаний, надзора и инспекций

Эксплуатирующая организация должна обеспечить, разработку и выполнение программ технического обслуживания, испытаний, надзора и инспекций.

Техническое обслуживание, ремонт, испытания и инспекции (проверки) составляют важную часть эксплуатации атомных станций. С организацией этой деятельности связаны требования по пунктам 4.1.6, 4.1.8 и 4.1.12 НП-001-15 [9]. Кроме того, в каждом специализированном ФНП, определяющем устройство и эксплуатацию систем и элементов АС, имеются конкретные требования по техническому обслуживанию соответствующих систем и элементов.

Кроме некоторых различий в терминологии, основные подходы к техническому обслуживанию и связанной с ним деятельностью в обеих системах НД практически одинаковы. Ремонт в системе стандартов МАГАТЭ является одним из видов технического обслуживания, а именно «восстановительным техническим обслуживанием». В России ремонт

является отдельной категорией в системе технического обслуживания и ремонта.

Еще одно различие связано с термином «надзор», который должна обеспечивать эксплуатирующая организация для того, чтобы обеспечивать соблюдение установленных пределов и условий для эксплуатации, обнаруживать и исправлять любое ненормальное состояние прежде, чем оно может стать началом существенных последствий для безопасности. В НП-001-15 [9] для этой цели используется термин «проверка» или «контроль».

Как сказано в пояснительном тексте к требованию 31 стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11], эксплуатирующая организация должна разработать процедуры для всех задач технического обслуживания, испытаний, надзора и инспекций. В России для этой цели эксплуатирующая организация обеспечивает разработку регламентов технического обслуживания, ремонта, испытаний и проверок.

Согласно требованию стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] частота технического обслуживания, испытаний, надзора и инспекций отдельных конструкций, систем и компонентов должна быть определена на основе:

- важности для безопасности конструкций, систем и компонентов с учетом принятой во внимание вероятностной оценки безопасности;
- надежности и готовности к эксплуатации;
- оценки возможности деградировать в процессе эксплуатации и особенностей старения;
- эксплуатационного опыта;
- рекомендаций поставщиков.

В НП-001-15 [9] частота технического обслуживания определяется и зависимости от необходимости поддерживать в процессе эксплуатации показатели надежности систем и элементов, важных для безопасности, что установлено в требовании по п. 3.1.17 НП-001-15 [9].

Требование 32. Управление выводом из работы

Эксплуатирующая организация должна установить и осуществить меры, обеспечивающие эффективную работу, планирование и контроль в период вывода оборудования из работы для обслуживания.

В прежней редакции рассматриваемого стандарта, так же как и в разделе эксплуатации ОПБ-88/97 [8], подобные вопросы вывода оборудования из работы для технического обслуживания и других работ не рассматривались. Они рассматривались в стандарте NS-R-1, относящемся к проектированию, и в относящихся к проектированию разделах ОПБ-88/97 [8].

В НП-001-15 [9] вопросам проведения технического обслуживания и испытаний систем, важных для безопасности, посвящены пп.3.1.6 и 3.1.14 так же из раздела, относящегося к проектированию. В первом из них содержится требование, чтобы для систем, важных для безопасности, были определены приспособления и устройства, а также программы и методики, во втором предъявляется требование проверки систем и элементов АС, важных для безопасности, на соответствие проектным показателям при вводе в эксплуатацию, после ремонта и периодически в течение всего срока службы станции. Предусматривается проведение при эксплуатации технического обслуживания и проверок на основании технологических регламентов эксплуатации и технического обслуживания при соблюдении условий и пределов безопасной эксплуатации, установленных в проекте АС и представленных в ООБ АС. Допустимое время вывода элемента из работы для технического обслуживания и ремонта определяется на основе анализа надежности системы, в которую он входит, либо на основе вероятностного анализа безопасности и устанавливается в проекте АС. В этом пункте НП-001-15 [9] речь идет только об элементах систем безопасности.

Все другие задачи по планированию выводов оборудования из работы и ответственности за это эксплуатирующей организации, о которых идет речь в пояснительном тексте к рассматриваемому требованию, определяются общей ответственностью эксплуатирующей организации за любую деятельность на станции, влияющую на ее безопасность, и устанавливаются на основе проектов АС, ее оборудования и систем.

4.7. Подготовка к выводу из эксплуатации

Требование 33. Подготовка к выводу из эксплуатации

Эксплуатирующая организация должна подготовить план вывода станции из эксплуатации и поддерживать его актуальность в течение всего срока службы, если иное не предусмотрено регулирующим органом, и продемонстрировать, что вывод из эксплуатации может быть безопасно выполнен таким образом, чтобы выйти на определенное конечное состояние.

Вывод блока АС из эксплуатации является последним этапом жизненного цикла атомной станции. Этой теме в НП-001-15 [9] посвящен раздел 5. В стандарте МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [10] это раздел 9, включающий требование 33 «Подготовка к выводу из эксплуатации».

В НП-001-15 [9] также, по существу, сформулированы требования к подготовке к выводу из эксплуатации блока АС. Собственно, вывод из эксплуатации осуществляется в соответствии с требованиями ФНП [77].

Согласно требований стандарта МАГАТЭ SSR-2/2 (Rev. 1) [11] и дополнения в пояснительном тексте эксплуатирующая организация должна подготовить план вывода станции из эксплуатации и поддерживать его актуальность в течение всего срока службы, если иное не предусмотрено регулирующим органом, и продемонстрировать, что вывод из эксплуатации может быть безопасно выполнен таким образом, чтобы выйти на определенное конечное состояние.

В предварительный период до вывода из эксплуатации должен поддерживаться высокий уровень эксплуатационной безопасности, пока ядерное топливо не будет удалено со станции.

В процессе всего срока службы станции эксплуатирующая организация должна оценивать потребности, связанные с будущим выводом из эксплуатации. Информация о загрязненных или облученных конструкциях, системах и компонентах, полученная в процессе модификации и технического обслуживания, и опыт работы с ними должны быть документированы и сохранены для учета при планировании вывода из эксплуатации. Должна быть собрана и проанализирована полная информация для передачи ее организации, ответственной за управление фазой вывода из эксплуатации.

В НП-001-15 [9] вопросы вывода блока АС из эксплуатации формулируются более конкретно.

Так, согласно требований пунктов 5.3 и 5.4 НП-001-15 [9] планирование вывода АС из эксплуатации при размещении, проектировании и сооружении должно осуществляться путем разработки и совершенствования концепции вывода блока АС из эксплуатации, а планирование вывода блока АС из эксплуатации при эксплуатации должно осуществляться путем периодического пересмотра (уточнения) указанной концепции вывода АС из эксплуатации. При этом должен учитываться опыт эксплуатации АС, включая опыт проведения ремонтных работ, выполненные реконструкции и модернизации, результаты проведенных обследований технического и радиационного состояния АС, результаты анализа имевших место аварий, иные факторы.

Не позднее чем за пять лет до истечения проектного срока службы АС (блока АС, иного ОИАЭ, находящегося на площадке АС) эксплуатирующая организация на основе концепции вывода АС из эксплуатации, а также анализа проектной документации и опыта эксплуатации должна обеспечить разработку программы вывода блока АС из эксплуатации.

Выводу из эксплуатации должно предшествовать комплексное инженерное и радиационное обследование АС (блока АС, иных ОИАЭ, находящихся на площадке АС) комиссией, назначаемой эксплуатирующей организацией. Программа вывода АС (блока АС, иных ОИАЭ, находящихся на площадке АС) из эксплуатации должна быть актуализирована после проведения комплексного обследования АС.

На основе материалов комплексного инженерного и радиационного обследования эксплуатирующая организация обеспечивает разработку проекта вывода блока АС из эксплуатации и подготовку ООБ АС при выводе блока АС из эксплуатации.

Блок АС, остановленный для вывода из эксплуатации, считается находящимся в эксплуатации до удаления с него всех ядерных материалов, включая свежее ядерное топливо и ОЯТ. В этот период сохраняются все требования к персоналу и документации, как для действующего блока АС, хотя при этом возможно сокращение объема технического обслуживания и сокращение числа оперативного персонала за счет вывода из эксплуатации отдельных систем и элементов.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное сравнение концепции безопасности АС, разрабатываемых, сооружаемых и эксплуатируемых по российским технологиям, отраженным в НП-001-15 [9] и в других используемых в России нормативных документах, несмотря на имеющиеся различия, не выявило факторов, которые могли бы привести к снижению уровня безопасности АС по сравнению с требуемым стандартами МАГАТЭ.

Более того, во многих случаях требования российских НД носят более конкретный характер, что вполне естественно для нормальной системы национального нормирования.

Использование российских технологий при сооружении и эксплуатации атомных станций, основанных на российских нормах и правилах, обеспечивает им высокий уровень ядерной и радиационной безопасности, соответствующий современным международным стандартам.

Литература

1. Букринский А. М. Новая структура стандартов МАГАТЭ по безопасности // Ядерная и радиационная безопасность. № 4, 2009.
2. Fundamental safety principles. Safety Standards Series No. SF-1. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2006.
3. Комментарий к общим положениям обеспечения безопасности атомных станций ОПБ – 88/97 / Труды НТЦ ЯРБ. – М.: Госатомнадзор России, 2004.
4. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Комментарии к федеральным нормам и правилам «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15). РБ-152-18: утверждены приказом Ростехнадзора от 3 октября 2018 г. № 486.
5. Букринский А. М. Безопасность атомных станций по федеральным нормам и правилам России и стандартам МАГАТЭ (Сравнение основных принципов и требований по обеспечению безопасности). – М.: НТЦ ЯРБ, 2007.
6. Safety of nuclear power plants: commissioning and operation. Specific safety requirements No. SSR-2/2. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2011.
7. Safety of nuclear power plants: design. Specific safety requirements No. SSR-2/1. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2012.
8. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. ОПБ-88/97. – М.: Госатомнадзор России, 1997.
9. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. НП-001-15, сокращенно ОПБ-88/15. – М.: Ростехнадзор, 2015.
10. Safety of nuclear power plants: design. Specific safety requirements No. SSR-2/1 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency. Vienna, 2016.

11. Safety of nuclear power plants: commissioning and operation. Specific safety requirements No. SSR-2/2 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency. Vienna, 2016.

12. Safety Glossary. Terminology used in nuclear safety and radiation protection. 2016 (edition). International Atomic Energy Agency. Vienna, 2016.

13. Об использовании атомной энергии: Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ.

14. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон от 5 декабря 1995 г. № 3-ФЗ.

15. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 11 ноября 1994 г. № 68-ФЗ.

16. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523-09: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 7 июля 2009 г. № 47. – М.: Минздрав России, 2009.

17. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). СанПиН 2.6.1.2612-10: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26 апреля 2010 г. № 40. – М.: Минздрав России, 2010.

18. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). СанПин 2.6.1.24-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем министра здравоохранения Российской Федерации Г. Г. Онищенко 22.04.2003. – М. Минздрав РФ, 2003.

19. Defence in depth in nuclear safety. INSAG-10. A report by the International Nuclear Safety Advisory group. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1996.

20. Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants 75-INSAG-3 Rev. 1.

INSAG-12. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1999.

21. Maintaining the Design Integrity of Nuclear Installations throughout Their Operating Life. INSAG-19. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2003.

22. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к программе обеспечения качества для атомных станций. НП-090-11: утверждены приказом Ростехнадзора от 07 февраля 2012 г. № 85.

23. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по формированию и поддержанию культуры безопасности на атомных станциях и в эксплуатирующих организациях атомных станций. РБ-129-17: утверждено приказом Ростехнадзора от 19 сентября 2017 г. № 371.

24. Leadership and Management for Safety. General Safety Requirements GSR Part 2. IAEA Safety Standards Series. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2016.

25. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения. НП-058-14: утверждены приказом Ростехнадзора от 5 августа 2014 г. № 347.

26. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций. НП-082-07: утверждены постановлением Ростехнадзора от 10 декабря 2007 г. № 4.

27. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Анализ несоответствий блока АС требованиям действующих НД. РБ-028-04: утверждено постановлением Ростехнадзора от 25 мая 2004 г. № 5.

28. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности атомных станций с реакторами типа ВВЭР. НП-006-16: утверждены приказом Ростехнадзора от 13 февраля 2017 г. № 53.

29. Термины и определения по ядерной и радиационной безопасности / Глоссарий. – М.: НТЦ ЯРБ, 2004.

30. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. НП-064-17: утверждены приказом Ростехнадзора от 30 ноября 2017 г. № 514.

31. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией. НПБ 110-03. Утвержден приказом МЧС России от 18 июня 2003 г. № 315. – М.: МЧС России, 2003.

32. Пожарная безопасность атомных станций. Общие требования. НПБ 113-03. Утверждены приказом МЧС России от 09 июня 2003 г. № 300. – М.: МЧС России, 2003.

33. Противопожарная защита атомных станций. Нормы проектирования. НПБ 114-2002. Утверждены приказом МЧС России от 23 декабря 2002 г. № 600. – М.: МЧС России, 2003.

34. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по формированию окончательного перечня запроектных аварий, подлежащих учету в проекте атомных станций с реакторами типа ВВЭР. РБ-150-18: утверждено приказом Ростехнадзора от 13 августа 2018 г. № 359.

35. Safety classification of structures, systems and components in nuclear power plants. No. SSG-30. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2014.

36. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и

трубопроводов атомных энергетических установок. НП-089-15: утверждены приказом Ростехнадзора от 17 декабря 2015 г. № 521.

37. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций. НП-010-16: утверждены приказом Ростехнадзора от 24 февраля 2016 г. № 70.

38. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения. НП-096-15: утверждены приказом Ростехнадзора от 15 октября 2015 г. № 410.

39. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Руководство по проведению периодической оценки безопасности блока АС. РБ-041-07: утверждено постановлением Ростехнадзора от 10 декабря 2007 г. № 5.

40. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к управляющим системам, важным для безопасности атомных станций. НП-026-16: утверждены приказом Ростехнадзора от 16 ноября 2016 г. № 483.

41. Санитарные правила устройства и эксплуатации систем централизованного горячего водоснабжения. *СанПиН 4723-88. Утверждены заместителем Министра здравоохранения СССР Главным государственным санитарным врачом СССР А. И. Кондрусевым 15 ноября 1988 г. – М.: Минздрав СССР, 1988.*

42. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Типовое содержание плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на АС. НП-015-12: утверждены приказом Ростехнадзора от 10 января 2017 г. № 5.

43. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к системам физической защиты ядерных материалов,

ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов. НП-083-15: утверждены приказом Ростехнадзора от 8 сентября 2015 г. № 343.

44. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к системам аварийного электроснабжения атомных станций. НП-087-11: утверждены приказом Ростехнадзора от 30 ноября 2011 г. № 671.

45. Safety assessment for facilities and activities. GSR Part 4 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency. Vienna, 2016.

46. Format and content of the safety analysis report for nuclear power plants. Safety Guide. No. GS-G-4.1. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2004.

47. Design of the Reactor Core for Nuclear Power Plants. Safety Guide No. NS-G-1.12. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2005.

48. Comparison of the Russian nuclear power plant safety concept contained in OPB-88 and the next lower level norms / rules with the NUSS requirement. Report of the consultants meetings. Extra budgetary programme on the safety of WWER NPP WWER-RD-69. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1994.

49. Design of reactor containment systems for nuclear power plants. Safety Guide No. NS-G-1.10. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2004.

50. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила обеспечения водородной взрывозащиты на атомной станции. НП-040-02: утверждены постановлением Ростехнадзора от 31 декабря 2002 г. № 14.

51. Design of instrumentation and control systems for nuclear power plants / Safety Guide No. SSG-39. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2016.

52. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. General Safety Requirements No. GSR Part 7. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2015.

53. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Положение о порядке объявления аварийной обстановки, оперативной передачи информации и организации экстренной помощи атомным станциям в случаях радиационно-опасных ситуаций. НП-005-16: утверждены приказом Ростехнадзора от 24 февраля 2016 г. № 68.

54. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и эксплуатации систем вентиляции, важных для безопасности, атомных станций. НП-036-05: утверждены постановлением Ростехнадзора от 07 ноября 2005 г. № 6.

55. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов, применяемых на объектах использования атомной энергии. НП-043-18: утверждены приказом Ростехнадзора от 2 марта 2018 г. № 92.

56. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации к структуре и содержанию технологического регламента эксплуатации блока АС с реактором типа ВВЭР. РБ-121-16: утверждено приказом Ростехнадзора от 14 декабря 2016 г. № 533.

57. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности. НП-019-15: утверждены приказом Ростехнадзора от 25 июня 2015 г. № 242.

58. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов. Требования безопасности. НП-020-15: утверждены приказом Ростехнадзора от 25 июня 2015 г. № 243.

59. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Обращение с газообразными радиоактивными отходами.

Требования безопасности. НП-021-15: утверждены приказом Ростехнадзора от 25 июня 2015 г. № 244.

60. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов. НП-053-16: утверждены приказом Ростехнадзора от 15 сентября 2016 г. № 388.

61. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила безопасности при обращении с радиоактивными отходами атомных станций. НП-002-15: утверждены приказом Ростехнадзора от 30 января 2015 г. № 35.

62. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила безопасности при хранении и транспортировании ядерного топлива на объектах использования атомной энергии. НП-061-05: утверждены постановлением Ростехнадзора от 30 декабря 2005 г. № 23.

63. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Пункты сухого хранения отработавшего ядерного топлива. Требования безопасности. НП-035-02: утверждены постановлением Госатомнадзора России от 28 июня 2002 г. № 7.

64. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Международный стандарт ИСО-9000, – М.: Госстандарт, 2005.

65. Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций. СТО-1.1.1.01.0678-2007. – М.: Концерн «Росэнергоатом», 2007.

66. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности АС с реакторами типа БН. НП-018-2000: утверждены постановлением Госатомнадзора РФ от 27 сентября 2000 г. № 9.

67. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по углубленной оценке безопасности действующих энергоблоков атомных станций с реакторами типа ВВЭР и РБМК. (ОУОБ

АС) РБ-001-97 (РБ Г-12-42-97): утверждено постановлением Госатомнадзора России от 16 сентября 1997 г. № 6.

68. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации к содержанию отчета по углубленной оценке безопасности действующих энергоблоков атомных станций (ОУОБ АС). РБ-001-05: утверждено постановлением Ростехнадзора от 22 ноября 2005 г. № 8.

69. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 29 июня 2011 г. № 190-ФЗ.

70. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Основные требования к продлению срока эксплуатации блока АС. НП-017-2000: утверждены постановлением Госатомнадзора России от 18 сентября 2000 г. № 4.

71. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации к структуре и содержанию руководства по управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми авариями. РБ-102-15: утверждено приказом Ростехнадзора от 24 июля 2015 г. № 288.

72. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. International Basic Safety Standards No. GSR Part 3. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2015.

73. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях. НПБ104-03. Утверждены приказом МЧС РФ от 20 июня 2003 г. № 323. – М.: МЧС России, 2003.

74. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. СанПиН 12.13130. Утверждены и введены в действие Приказом МЧС РФ от 25 марта 2009 г. № 182. – М.: МЧС России, 2009.

75. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией. НПБ110-03. Утвержден приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. № 315. – М.: МЧС России, 2003.

76. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе атомных станций. НП-004-08: утверждены постановлением Ростехнадзора от 14 мая 2008 г. № 3.

77. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Водно-химический режим атомных станций. РБ-002-16: утверждено приказом Ростехнадзора от 23 августа 2016 г. № 350.

78. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации блока АС. НП-012-99: утверждены постановлением Госатомнадзора России от 29 декабря 1999 г. № 12.