

РАЗРУШЕНИЕ РЕАКТОРА И ЭНЕРГОБЛОКА

Аварийный процесс в реакторе и на энергоблоке

Кратко повторим хронологию событий:

- 01.23.30 - стержни 1АР дошли вниз до НК, включился АР-2 для компенсации роста мощности реактора.
- 01.23.39 - АЗ-5, стержни шли в зону в течение 9 -10 сек. Внесение отрицательной реактивности величиной минус 5 ст. РР в течение 1-й секунды. Выдавливание максимума Кz вниз [3].
- 01.23.40-41с - внесение положительной реактивности в размере +8 ст. РР движущимися вниз стержнями СУЗ в течение 2-й и 3-й сек. (концевой эффект вытеснителей).
- 01.23.41 - отключение ГЦН - 14, 13, 24, 23 (регистрация сигнала АЗ-1 телетайпом «Скалы» по факту отключения 2-х из 4-х ГЦН в каждой насосной).
- 01.23.42 - появление аварийных сигналов по скорости нарастания мощности реактора и по превышению мощности; начало локального разгона на тепловых нейтронах в 3-м квадранте реактора, с периодом удвоения мощности около 0,8 с.
- 01.23.44-45с - рост давления в БС, закрытие обратных клапанов на выбегающих ГЦН, возникновение кавитационного режима, проявление мощных гидроударов, вибраций оборудования и конструкций.
- 01.23.45-46с - снижение расходов на «выбегающих» ГЦН до нуля, срыв расходов на «невыбегающих» ГЦН; вскипание теплоносителя в объеме активной зоны, сопровождающееся ростом давления в КМППЦ с открытием БРУ-К и ГПК; закрытие обратных клапанов (ОК) на РГК (на каждой половине реактора 22 ОК). Паровая фаза в ТК пока еще является демпфером для ударных волн [4].
- 01.23.47с и далее - Гидроудары в КМППЦ. В это время, возможно, была разрушена баллонная САОР, в районе отсечной арматуры которой могла проявиться энергия гидроударов (версия А.А. Ядрихинского).

Фиксация дискретных сигналов после аварии (ДРЭГ):

- 01ч 39м 29с - появились сигналы - «снижение уровня в аварийном баке СУЗ» и «повышение давления в помещении БС».
- 01ч 40м 01с - появился сигнал - «повышение давления в прочно-плотных боксах (правые, ближе к САОР).
- 01ч 40м 04с - этот сигнал снялся.
- 01ч 40м 21с - снова появился сигнал - «повышение давления в прочно-плотных боксах» (правые, ближе к САОР).
- 01ч 40м 39с - давление в БСправ. упало с 40 до 22 ати, давление БСлев. не регистрировалось.
- 01ч 41м 36с - уровень БСлев = +750 мм.
- 01ч 41м 49с - снялся сигнал - «повышение давления в прочно-плотных боксах» (правые, ближе к САОР).
- 01ч 41м 49с - появился сигнал - «снижение давления в напорном коллекторе СУЗ».

Начало разрушения реактора

В 01.23.46, из-за отсутствия теплосъема с ТВЭЛ (в результате прекращения циркуляции по КМППЦ) происходит разгерметизация ТВС, разрывы труб ТК, реакции пара с графитом и конструкционными

материалами, начало расплавления топлива и разрушения 3-го квадранта активной зоны, рост давления в РП.

В 01.23.47 возросшим давлением в РП разрываются нижний и верхний компенсаторы схемы ОР и схемы Е (нижний взрыв). Через подапаратное помещение и предохранительные клапаны к объему РП подключаются помещения СЛА, БС и ЦЗ. Это временно снижает рост давления в РП, но не прекращает его.

Начало разрушения энергоблока

01.23.48 - отрыв схемы «Е», разрушение ЦЗ.

01.23.49 - отключение рабочего и резервного трансформаторов, потеря СН блока.

Как воспринимались эти события очевидцами?

Взрыв, который разрушил 4-й блок, был слышен не всеми и не во всех помещениях станции. Из почти двух десятков объяснительных, которые были написаны дежурным персоналом смены № 5 в день аварии 26.04.86 г., следует [16]:

- персонал станции, находившийся в АБК-2, т.е. вне главного корпуса, отметил вначале срабатывание главных предохранительных клапанов (ГПК), потом «ужасный шум» или гул с треском, сильную вибрацию здания и глухие взрывы, после которых из ЦЗ 4-го блока вылетел сноп светящихся (горящих) обломков разных форм и размеров;
- люди, находившиеся в главном корпусе, вначале отметили продолжительные и сильные низкочастотные звуки похожие на гидроудары, которые были слышны только в помещениях примыкавших к тепломеханическому и реакторному оборудованию (на БЦУ - 4, в машзале, в помещении ГЦН и т.п.); эти звуки тоже были услышаны не всеми - некоторые ощутили только «шатание» или «дрожание» пола и стен (в помещении КРУ, на «Скале» и т.д.);
- для операторов центрального (реакторного) зала (ЦЗ) блока № 3, смежного с бл.4, все началось с мощнейших ударов и звуков взрывов, после которых в ЦЗ появился пылевой туман, и резко увеличились показания приборов, регистрирующих радиационный фон;
- одновременно с ударами в коридоры и помещения главного корпуса второй очереди АЭС (отм. +9м и выше) практически мгновенно было внесено большое количество пыли (сравнивалась с белым туманом), возможно через кабельные проходки, как отметил один из очевидцев;
- в некоторых помещениях ощутили проникновение воздушной волны, даже при закрытых дверях;
- вслед за этим раздалось два слитых удара, воспринятых как один продолжительный взрыв, за которыми последовал третий сильный удар (взрыв) из верхней точки пространства (верхний взрыв);
- от начала появления сильных вибраций (ударов) до первого взрыва, который воспринимался очевидцами как двойной слитный взрыв в районе расположения активной зоны и ГЦН (нижний взрыв), по показаниям свидетелей прошло от 6 до 8 секунд;
- оценка интервала от двойного удара до третьего - от 1-й до 3-х секунд;
- длительность всего процесса, по их впечатлениям, от 7 до 11 секунд;
- для находившихся вблизи реакторного отделения 4-го блока людей удары были потрясающими; им казалось, что монолитные стены в любой момент могут рухнуть.

Все эти события можно расположить в следующей последовательности:

- 1) вибрация помещений и оборудования;
- 2) срабатывание ГПК;
- 3) первый и второй удары (взрывы), как один слитный;
- 4) сотрясение зданий и конструкций от первых ударов (взрывов);
- 5) последний взрыв (вверху).

При этом следует учитывать, что персоналу, находившемуся в помещениях нижних отметок главного корпуса, звук работавших ГПК не был слышен. А люди находившиеся в соседних, расположенных на разном удалении от реакторного отделения зданиях, отметили в своих объяснительных ощутимую «тряску» всего пространства одновременно со звуками сброса пара через ГПК.

Рассмотрим подробнее события, соответствующие приведенным выше пунктам:

Пункт 1.

В 1ч 20м 30с начался рост мощности реактора (по прибору СФКРЭ). Незначительное по величине (в пределах диапазона регулирования АР), увеличение мощности реактора компенсировалось работой АР-1 до его погружения на НК, потом включился АР-2. К 01.23.39 мощность реактора выросла на 30 МВт. Это было

инициировано проявлением положительного парового эффекта от снижения расхода питательной воды и уменьшения расхода по КМЩ с 01.23.04с, когда четыре ГЦН стали работать от “выбегающего” ТГ- 8. За время с 01.23.04 по 01.23.39 расход по КМЩ уменьшился [16] на 5,8 тыс.м³/ч (с 56800 до 51000 м³/ч). Вначале процесс шел достаточно плавно, уменьшение расхода происходило со скоростью 180 м³/сек.

В 01ч 23м 39с (по телетайпу, а по ДРЕГ в 01.23.40с) зафиксирован сигнал АЗ-5 (по утверждению руководителя испытаний Дятлова А.С., а также из объяснительных записок Метленко Г.П. и Кухаря А.А.- именно в это время НСБ дал команду СИУРу нажать кнопку АЗ-5). Стержни СУЗ пошли в активную зону, в течение первой секунды внося отрицательную реактивность, а затем, в течение 2-х секунд они вносили положительную реактивность, т.к. в этот момент проявился дефект проекта СУЗ, так называемый «эффект вытеснителей». К этому добавилась положительная реактивность от увеличения паросодержания в активной зоне, поскольку расход по КМЩ после отключения выбегающих ГЦН от шин секций 8РА и 8РБ начал падать почти втрое быстрее. Отключение ГЦН произошло от (вероятнее всего) срабатывания защиты ГЦН по снижению расхода до 5000 м³/ч в промежутке от 1.23.41,3 до 1.23.41,9 с. Срабатывания защиты по минимальному напряжению электродвигателей (0,75 Ун, с задержкой времени срабатывания 0,5-1,5с, как это указано в [22]) здесь не было, т.к. напряжение на секциях 8РА и 8РБ (по осциллограмме) было не менее 84% от номинальной величины.

В 01ч 23м 42с (зафиксировано ДРЕГ в 1.23.43) появились аварийные сигналы по скорости нарастания мощности реактора и по превышению заданной уставки по величине мощности (цикл ДРЕГ №135Д).

Итак, не позднее 01ч 23м 42с в реакторе начался локальный разгон мощности с периодом удвоения близким к 1 секунде, который внес кардинальные изменения в теплогидравлические параметры КМЩ, приведшие к грохоту, гулу и вибрации строительных конструкций.

В 01.23.45 началось (возможно) закрытие обратных клапанов на выбегающих ГЦН (из-за перераспределения давления в КМЩ).

В 01.23.46 (по ДРЕГ в 1.23.47) было зафиксировано снижение циркуляции воды через выбегающие ГЦН до нуля, и на 35-40% у остальных ГЦН [17]. Это объясняется вскипанием теплоносителя в объеме активной зоны и появлением противодействия со стороны реактора. При этом импульс на закрытие получили обратные клапаны Ду300, стоящие на РГК.

Кроме того, с 01.23.45с на шинах секции 8РБ начались колебания нагрузки в диапазоне 217-320 ампер с частотой от 3-х до 10 колебаний в секунду, продолжавшиеся около трех секунд и закончившиеся увеличением тока до 2170 ампер в течение последней секунды перед полным отключением секции в 01.23.49.

С 01.23.46с отмечена неустойчивость величины нагрузки на шинах секции 8РНА, содержащей пик (похожий на короткое замыкание) в 01.23.47с. Анализ осциллограмм показал, что начиная с 01.23.46с на секциях 8РБ и 8РНА нашли отражения события, включавшие короткие замыкания и срывы в работе насосного оборудования, подключенного к этим секциям.

Следует также отметить, что в течение всего периода подключения дизель-генераторов к секции 8РНА (после прохождения «пусковых» участков, характеризующихся значительными превышениями величин пусковых токов) ток на ней (по осциллографу) был на 500-550 ампер больше, чем сумма номинальных токов подключенного к ней оборудования.

Пункт 2.

Срабатывание ГПК начинается с давления в БС равного 75 кгс/см².

В интервале 01.23.45 - 46с давление в БС на правой и левой сторонах превысило уставки срабатывания ГПК, что привело к открытию всех восьми предохранительных клапанов. Давление в БС на 4 кгс/см² превысило давление в напорном коллекторе ГЦН, что вызвало закрытие на них обратных клапанов. В этом же цикле (№137Д) ДРЕГ отметил срабатывание БРУ-К1 и резкое падение расхода теплоносителя в КМЩ до 18.000 м³/ час (расход на выбегающих ГЦН снизился до 0).

Эти события - комплекс возмущений в работе теплогидравлической части КМЩ приведших к срабатыванию ГПК, закрытию обратных клапанов на ГЦН и РГК, и к возникновению гидроударов - начали фазу разрушения активной зоны реактора.

Пункт 3.

В 01ч 23м 49с (в цикле №138Д) зафиксировано появление сигнала К06L005 = 1, который расшифровывается как превышение давления в реакторном пространстве (РП) свыше 0,15 кгс/см² (в результате разрыва одной или нескольких канальных труб). Время достижения этой уставки не менее 1,4 сек [31], что задерживает выход аварийного сигнала на то же время. Поэтому разрывы ТК следует отнести к 01ч 23м 47с (по ДРЕГ), или к 01.23.46, с поправкой на запаздывание ДРЕГ.

Возросшим давлением в РП разрываются нижний и верхний компенсаторы у схемы ОР и схемы Е (версия Чечерова К.П.). Эти события, вполне вероятно и были восприняты очевидцами как первый (нижний), двойной взрыв (см. рис. 14 и 15).

Пункт 4.

01ч 23м 48с - отрыв схемы «Е», разрушение ЦЗ (по версии Чечерова К.П. верхний взрыв, см. рис.16). Последний цикл ДРЕГ, который был записан “Скалой”, закончился в 01ч 23м 49с. Далее произошло отключение “Скалы”, что можно объяснить обесточиванием секций надежного питания ННА, на которые были подключены потребители первой категории.

Анализ работы телетайпов на СЦК “Скала” [17] также дает время отключения электропитания примерно в 01ч 23м 49с.

Отключение электроснабжения в 01ч 23м 49с произошло в результате последнего (верхнего) взрыва, разрушившего реактор и центральный зал 4-го энергоблока и вызвавшего отключение блочного и рабочих трансформаторов защитами от коротких замыканий.

Примечание – автор благодарит Чечерова К.П. за рис. 14, 15, 16, представленные им для этой книги.