



КОРЕННЫЕ ПРИЧИНЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ. ВЗГЛЯД СКВОЗЬ ГОДЫ

Г.А.Копчинский, Н.А.Штейнберг

ООО "Атомаудит", Украина, Киев

Причины и обстоятельства аварии на блоке № 4 Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) продолжают привлекать к себе внимание в силу масштабов ее последствий для здоровья людей, окружающей среды и экономики нашего государства, а также для настоящего и будущего атомной энергетики во всем мире. Авторы были непосредственными участниками строительства и эксплуатации ЧАЭС, а также ее восстановления. На протяжении многих лет мы связаны с судьбой этой АЭС и считаем возможным высказать свое мнение относительно истинных причин того, что произошло в апреле 1986 г. на ЧАЭС. Хотелось бы сразу подчеркнуть, что обсуждаемая проблема носит не только технический, но и, в значительной степени, политический и экономический характер. Более того, анализ коренных причин того, что произошло много лет тому назад полезен лишь в том случае, если результаты анализа используются для предотвращения событий, которые даже в малейших масштабах могут привести к тому, что мы уже пережили.

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ АВАРИИ

Что касается технических, или непосредственных причин катастрофы, то здесь, по нашему мнению, ситуация достаточно ясна и она нашла объективное освещение во многих документах. Мы видим три главные причины, которые обусловили предаварийное состояние реактора и катастрофический рост его мощности.

Во-первых, перед нажатием оператором кнопки аварийной остановки реактора, "А3-5", реакторная установка находилась в состоянии физической и теплогидравлической нестабильности. В условиях развивающегося ксенонового отравления реактора, приведшего к практическому исчерпанию оперативного запаса реактивности, а также при практически нулевом недогреве теплоносителя на входе в активную зону, достаточно было любого возмущающего фактора, чтобы нарушить это неустойчивое состояние. Подчеркнем, что это состояние было предопределено действиями персонала и возникло до начала испытания режима с выбегом генератора.

Во-вторых, непосредственным импульсом для возникновения аварии явилось нажатие кнопки "А3-5", в силу чего из-за порочной конструкции управляющих стержней в нижнюю часть реактора была введена положительная реактивность и начался разгон мощности.

В-третьих, этот разгон принял катастрофический масштаб из-за большого (около 5β эфф в данном случае) парового коэффициента реактивности, который присущ реакторам РБМК и влияние которого особенно велико на начальном этапе парообразования в активной зоне.

Таким образом, непосредственными причинами аварии явились нейтронно-физические и конструктивные особенности реактора РБМК, реализации которых способствовали ошибочные действия персонала.

Подобная точка зрения изложена в докладе комиссии Госпроматомнадзора СССР [1], которую возглавлял один из авторов и выводы которой официально не опровергнуты ни одной организацией бывшего СССР, России или Украины. Практически к аналогичным выводам пришли авторы доклада INSAG - международной группы экспертов по ядерной безопасности при генеральном директоре МАГАТЭ [2]. Более того, результаты работы специалистов из организации, разработавшей реактор РБМК-1000, опубликованные в 1993 г., позволяют прекратить дискуссию о технических причинах аварии. В работе показано, что в силу большого парового коэффициента реактивности и недостаточной эффективности системы аварийной защиты, даже проектная авария (разрыв напорного коллектора) на малой мощности приводит к разрушению реактора и лишь "реализация мероприятий, последовавшая после аварии на Чернобыльской АЭС, приводит к тому, что во всем исследованном диапазоне начальной мощности

¹ Необходимо подчеркнуть, что режим использования выбега генератора является проектным, разработан на основании совместного решения Главного конструктора и Генерального проектировщика для повышения безопасности реактора в режиме обесточения [3]. Впервые этот режим опробывался на ЧАЭС в 1982 году и один из авторов участвовал в его проведении.

максимальная проектная авария с обесточиванием не вызывает опасного изменения мощности, и быстрая аварийная защита останавливает реактор” [4]. Таким образом, реактор был обречен в силу своих проектных характеристик и лишь ждал реализации соответствующих исходных условий. 26 апреля 1986 г. эти условия были созданы действиями персонала.

Безусловно, отдельные детали можно уточнять, но основные выводы останутся прежними. Мы не считаем нужным останавливаться на непрекращающихся попытках найти другие причины аварии (в том числе и такие как землетрясение, уникальное положение звезд на небосводе, влияние массонов и т.д.). Полет человеческой фантазии остановить невозможно, тем более если это фантазии людей весьма далеких от такой специфической области знаний как физика и теплогидравлика ядерных реакторов. Не стоит ломиться в открытую дверь. Важнее понять, что привело к самой возможности многолетней эксплуатации ядерной установки с конструктивными недостатками, проявление которых привело к катастрофическим последствиям.

То, что касается действий персонала, споры о которых продолжаются до сегодняшнего дня, то мы хотели бы еще раз сослаться на анализ этой проблемы, выполненный в докладе комиссии Госпроматомнадзора СССР [1]. Да, персонал совершил ряд ошибок, но степень его вины была **сознательно** (подчеркнем это слово) преувеличена в официальном докладе, представленном СССР в МАГАТЭ в 1986 г. [5], по результатам обсуждения которого INSAG выпустила свой первый доклад [6]. Такова была установка высшего политического руководства страны, спровоцированная руководством советского ядерного ведомства. Мы в праве это утверждать, поскольку один из нас присутствовал в июле 1986 г. на заседании оперативной группы Политбюро ЦК КПСС, на котором “репетировалось” выступление академика В.Легасова, с которым он должен был выступить на специальной сессии МАГАТЭ. Напомним, что это происходило тогда, когда “гласность” набирала силу, а публичные упоминания о недостатках советской науки и техники, особенно в ядерной области, считались нарушением государственных интересов и жестко преследовались.

Недостатки реакторов РБМК были известны задолго до аварии. Это неоспоримый факт, поскольку он многократно подтвержден документально. Существовали даже планы модернизации конструкции стержней управления и модернизация этих реакторных установок в целом. Однако они либо не реализовывались, либо реализовывались крайне медленно.

Но вот то, что персонал АЭС не знал об этих недостатках - утверждение достаточно спорное. Некоторые документы, раскрывавшие недостатки, доходили, по крайней мере до руководства АЭС с реакторами типа РБМК. В частности, положительный выбег реактивности при вводе стержней в активную зону реактора экспериментально был зафиксирован в декабре 1993 г. при пусковых испытаниях блока № 1 Игналинской АЭС и блока № 4 ЧАЭС. Этот эффект и его возможные последствия для безопасности стали предметом обсуждения между Институтом атомной энергии им. И.В.Курчатова (научный руководитель проекта РБМК) и Научно-исследовательским институтом энерготехники (главный конструктор РБМК). “В общем случае можно показать (основываясь на данных, приведенных выше), что положительный выбег реактивности при срабатывании АЗ происходит, когда количество полностью извлеченных стержней больше 130 и $K_z > 1,7...$ ” и, далее, “при снижении мощности до 50 % ... запас реактивности уменьшается за счет отравления и возникнут перекосы высотного поля до $K_z > 1,9$. Срабатывание АЗ в таком случае может привести к выделению положительной реактивности” [7]. Научный руководитель предположил, что “более тщательный анализ позволит выявить и другие опасные ситуации” и предложил ряд практических мер, чтобы их предотвратить. В ответе главного конструктора [8], который был направлен руководителям всех АЭС с реакторами РБМК и в вышестоящие организации, сообщалось, что “мы имеем дело с известным явлением”. Кроме того, сообщалось, что известны и меры по ликвидации опасных явлений.

К сожалению, практика была такова, что фактически ни научный руководитель, ни генеральный конструктор не несли ответственности за безопасность АЭС. Эксплуатирующей организации, в признанном цивилизованным миром понимании, несущей полную ответственность за безопасность, в СССР в то время не существовало. В стране отсутствовала, включая высший государственный уровень, “культура безопасности”¹. Очевидно, что важность возникших опасений для безопасности была недооценена и меры, которые могли предотвратить катастрофу, реализованы не были.

¹ Понятие культуры безопасности впервые сформулировано в докладе INSAG [6].

2. ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ АВАРИИ

Достижения ядерной науки и промышленности СССР, особенно в военной области, и непомерная их политизация, с одной стороны, а, с другой, сокрытие недостатков и ошибок, приводивших к крупным авариям (Челябинск, 1957 г., Ленинградская АЭС, 1975 г., ЧАЭС, 1982 г и т.д.), отсутствие должного государственного контроля за деятельностью ядерных ведомств (напомним, что до 1984 г. фактически такого контроля не существовало) привели к тому, что среди специалистов-ядерщиков утвердились настроения непогрешимости, суть которых наиболее точно отражает формула: “советские ядерные реакторы - лучшие в мире”. Особенно красноречиво это проявилось в официальной реакции на аварию, происшедшую на АЭС “Три Майл Айленд” в 1979 г., когда устами руководителей ядерно-энергетической отрасли СССР было заявлено, что “при социализме такая авария невозможна”. Таким образом, политический престиж государства стал доминировать и подавлять основное условие мирного развития ядерной энергии - обеспечение ее безопасности. На наш взгляд здесь проявилась одна из коренных причин Чернобыльской катастрофы.

Справедливости ради надо отметить, что в начале 80-х годов в СССР стали проявляться тенденции критической переоценки безопасности АЭС. Однако объективные оценки, в первую очередь реакторов РБМК, были блокированы авторитетами советской ядерной науки и руководством советского ядерного ведомства. Роль же независимой экспертизы, в первую очередь со стороны государственных органов регулирования ядерной безопасности, была практически нулевой.

То, что на западе было и есть основой государственного режима ядерной безопасности - наличие сильного и независимого регулирующего органа, в СССР до аварии 1986 г. практически не существовало, поскольку таких органов либо не было, либо они были по сути слугами тех же ядерных ведомств.

Мы утверждаем, что политизация ядерной науки и техники СССР, создаваемый годами имидж их исключительности и непогрешимости, отсутствие независимого ядерного регулирования и эффективного государственного контроля за безопасностью ядерной энергетики являются коренными причинами Чернобыльской трагедии.

Авария в силу своих масштабов затронувшая интересы многих стран мира, разрушила миф непогрешимости. Попытки скрыть ее истинные последствия оказались бесплодными. В этой ситуации надо было найти причины аварии, которые в наименьшей степени раскрывали бы истинную картину положения дел в стране и не ставили под сомнение уровень безопасности ядерной энергетики в целом. Так и появился лозунг - виноват персонал.

3. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ АВАРИИ

До сих пор живет миф о том, что ядерная наука и техника СССР имели практически неограниченные финансовые и материальные ресурсы. Да, если говорить о том, что было предназначено для военных целей. Атомная же энергетика испытывала на себе все присущие народному хозяйству “прелести” хронической нехватки средств, в первую очередь на прикладные исследования в обоснование безопасности и надежности, экспериментальной отработки оборудования и т.д. Отсутствие средств на создание экспериментальной стендовой базы, закупку современной вычислительной техники, проведение исследований и разработку технологий обращения с радиоактивными отходами, создание качественной дозиметрической аппаратуры, создание тренажеров - все это в том или ином виде проявилось как при аварии, так и в ходе ликвидаций ее последствий. Более того, и после аварии ситуация мало изменилась. Авторы принимали участие в разработке проектов решений высших руководящих органов СССР уже после аварии, направленных на создание современной научно-исследовательской и экспериментальной базы в поддержку безопасности и надежности ядерной энергетики. Мы можем совершенно обосновано заявить, что экономические основы обеспечения ядерной безопасности в СССР так и не были решены и совершенно не играет роли причина такого положения - непонимание проблемы или отсутствие средств. Важно то, что безопасность ядерной энергетики не была обеспечена экономически.

4. СЕГОДНЯ

Здесь мы приходим к главному, что заставило нас вернуться к событиям более чем 10-летней давности. О большей части вышесказанного в той или иной степени говорилось не раз. Важно другое - в какой степени осознаны коренные причины аварии, все ли сделано для того, чтобы подобная трагедия не повторилась в будущем, прежде всего в нашей стране?

Не вызывает сомнения, что из аварии были извлечены серьезные уроки, отношение к ядерной безопасности изменилось. Намечались грандиозные планы модернизации АЭС с целью повышения их безопасности, развития научных исследований по ядерной безопасности, совершенствования режима ядерного регулирования, повышения квалификации персонала и т.д. Однако далеко не все, а если говорить точнее, то большая часть задуманного в первые годы после аварии не реализована. Почему?

Вновь приходится возвращаться к “культуре безопасности”, определяемой как “набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности АЭС, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью” [9]. К большому сожалению по мере удаления от апреля 1986 г. отношение к безопасности становится все более прохладным, забываются ее уроки. Конечно, во многом складывающаяся ситуация определяется катастрофической экономической ситуацией в стране. Сегодня АЭС действительно не имеют достаточных средств на широкомасштабные работы по безопасности и даже средств для выплаты зарплаты персоналу. Но так было не всегда. Были средства и было время, но безопасность не стала на практике приоритетной целью прежде всего руководителей АЭС, отрасли и государства. Это подтверждается хотя бы тем, что не реализуются даже меры, дающие максимальный эффект при минимальных затратах - совершенствование организационной структуры АЭС, внедрение систем качества, отвечающих признанной международной практике. Ни одна АЭС не имеет отчетов по переоценке безопасности и долгосрочных лицензий (разрешений) на эксплуатацию.

Этот малоприятный список того, что не сделано или не делается можно было бы продолжить, но мы считаем достаточным уже перечисленного. В то же время бесконечно дискутируются вопросы создания ядерного топливного цикла, наращивания мощностей ядерной энергетики. При этом более 50 % электрогенерирующих мощностей в стране стоят и эти мощности не будут востребованы еще многие годы, а АЭС месяцами простаивают в ремонте и коэффициент использования установленной мощности по отрасли на 15-20 % ниже, чем во многих эксплуатирующих организациях мира. Более того, государство не имеет денег даже на то, чтобы поддержать безопасность действующих АЭС.

Однако государство находит средства на постоянные изменения в управлении отраслью. Структура управления атомной энергетики Украины непрерывно изменяется на протяжении всех лет независимости. Но ранее эти преобразования непосредственно не касались АЭС, которые выполняли функции эксплуатирующих организаций и имели соответствующие разрешения органов государственного регулирования ядерной и радиационной безопасности. С начала 1998 г. ситуация кардинальным образом изменилась. АЭС лишены статуса юридического лица и, согласно закону об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности [10], не являются более эксплуатирующими организациями. Кабинет Министров Украины “эксплуатирующей организацией-оператором ядерных установок Запорожской, Ровенской, Хмельницкой, Чернобыльской, Южно-Украинской атомных электростанций” назначил НАЭК “Энергоатом”, которая до сегодняшнего дня не имеет разрешения регулирующего органа на эксплуатацию АЭС Украины¹. Так кто же теперь “несет всю полноту ответственности за радиационную защиту и безопасность ядерной установки” [10]? Или мы вернулись к ситуации накануне апреля 1986 г.?

Анализ состояния и наблюдаемых тенденций позволяют сделать вывод, что после провозглашения независимости ядерная энергетика Украины оказалась в состоянии глубокой стагнации, которая может перейти в деградацию. Идет срабатывание потенциала, который был накоплен в предыдущие годы. Мало что сделано для обеспечения полноценного, надежного и безопасного функционирования ядерно-энергетического комплекса. Несмотря на некоторое продвижение вперед в части ядерного законодательства и ядерного регулирования, фактическое состояние ядерной энергетики остается крайне сложным и это положение продолжает ухудшаться. Культура безопасности остается на низком уровне. **Есть все основания утверждать, что в Украине должных выводов из анализа причин Чернобыльской катастрофы не сделано.** Ядерная энергетика нашей страны подошла к опасной черте. Руководство отрасли, регулирующий и другие государственные органы должны это осознать. Ситуацию можно изменить, но для этого необходимо нацеливание сил и средств на решение важнейших проблем ядерной энергетики прежде всего влияющих на ее безопасность.

¹ В настоящее время АЭС являются так называемыми “обособленными структурными подразделениями” государственного предприятия НАЭК “Энергоатом”, но во главе с генеральными директорами

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы не ставили себе задачу давать в этой статье оценку состояния ядерной безопасности в нашей стране. Мы хотим сказать о другом - анализ того, что произошло 26 апреля 1986 г. на ЧАЭС не самоцель и он не должен быть обращен в прошлое. Главное - извлечение уроков для ядерной безопасности сегодня и в будущем, предотвращение даже самой возможности повторения аварии с серьезными радиологическими последствиями. Считаем, что дискуссии о тех или иных деталях физических и теплогидравлических процессов, происходивших апрельской ночью 1986 г. могут, и, очевидно, должны быть предметом детальных исследований. Но главное не в этом. Главное понять, почему было возможно эксплуатировать то, что не отвечало требованиям безопасности, почему было возможно продолжать эксплуатацию, когда недостатки, повлекшие катастрофические последствия, стали известными и почему эти недостатки не устранялись, когда стали понятными пути их устранения. Осознано ли это всеми, кто так или иначе связан с обеспечением ядерной безопасности или лицами, чьи решения могут прямо или косвенно повлиять на ядерную безопасность? Мы бы не взяли на себя смелость положительно ответить на этот вопрос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *О причинах и обстоятельствах аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года*// Доклад комиссии Государственного комитета СССР по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике. - М. 1991.
2. *INSAG-7. Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1*// Доклад Международной группы по ядерной безопасности. Сер. изд. по безопасности №75-INSAG-7. Вена: МАГАТЭ. 1992.
3. *Письмо п/я А-7291 № 040-9253 от 24.11.76*
4. *Ю.В.Миронов, Ю.М.Никитин, Т.И.Фомичева, Е.А.Доморадов. Анализ динамики РБМК-1000 при разрыве напорного коллектора на малой мощности. / Атомная энергия. Том 75, вып 2, Август 1993*
5. *Авария на ЧАЭС и ее последствия - информация подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ, Вена, 25-29 августа 1986 г., части 1 и 2, ГКАЭ СССР, 1986*
6. *INSAG-1, Итоговый доклад о Совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле, Доклад международной группы по ядерной безопасности, серия изданий по безопасности №75-INSAG-1, Вена: МАГАТЭ 1986*
7. *Письмо п/я А-1758 № 033-08/67дсп от 23.12.83*
8. *Письмо п/я А-7291 № 050-01/1-120 от 2.02.84*
9. *INSAG-4, Культура безопасности*// Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. Сер. изд. по безопасности №75-INSAG-4. - Вена: МАГАТЭ. 1991.
10. *Закон Украины "Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности"*//Ведомости Верховного Совета Украины, 1995 - № 12, с.81.

ROOT CAUSES OF THE CHERNOBYL ACCIDENT: HINDSIGHT THROUGH YEARS

G.Kopchinsky, N.Steinberg

"Atomaudit" Ltd., Ukraine, Kiev

Causes and circumstances of the accident at the Chernobyl NPP Unit 4 still capture much attention for its large-scale impact on public health, environment and national economy in this country, as well as for its great importance for the present and the future of the nuclear industry throughout the world. The authors were directly involved in the construction and operation of the Chernobyl NPP, and further in its recovery. For many years we were concerned about the plant's life and now we have a voice in discussing real causes of the events occurred in April 1996 at the Chernobyl NPP. We would like to point out at the very beginning that the matter of consideration is not only of technical importance; it is, to a great extent, a political and economic issue as well. Furthermore, analysing root causes of the events occurred a long time ago will be expedient only if the analysis results are used to prevent the events which even occurred on a minor scale, may lead to the situation we had already lived through.

1. TECHNICAL CAUSES OF THE ACCIDENT

In the matter of technical or, let us say, direct causes of the accident, in our opinion the situation is rather clear and was openly described in many papers. We would point out three major causes which predetermined the malfunction of the reactor and its runaway.

Firstly, before the operator pressed the emergency stop button "A3-5", the reactor had been physically and thermohydraulically unstable. In the situation of the on-going xenon poisoning of the reactor which led to a complete exhaustion of the operating reactivity margin, and at zero coolant underheating at the core inlet, any perturbation was enough to break that unstable situation. Let us note that such situation was predetermined by the steps previously taken by the personnel and had existed already before the generator rundown test started¹.

Secondly, pressing the "A3-5" button was a direct impulse initiating the accident, further to which positive reactivity was injected to the reactor bottom because of the control rods defective design, and the reactor runaway started.

Thirdly, the runaway was catastrophic because of a high void coefficient of reactivity (about 5b in this case) proper for the RBMK reactors and which is of particular importance at the initial steam generation^{eff} in the core.

Thus, the direct causes of the accident were neutron-physical and design characteristics of the RBMK reactor which realisation was facilitated by the errors committed by the personnel.

The same point of view was stated in the report made by the USSR Gosatomnadzor commission [1] which was led by one of the authors and which conclusions have never been officially disproved by any institution of the former USSR, Russia or Ukraine. Almost the same were the conclusions made in the INSAG report by an international group of experts at the IAEA Director's General office [2]. Furthermore, the results of studies made by experts of the RBMK-1000 designing organisation and published in 1993, enable us to stop disputes about the technical causes of the accident. The studies demonstrate that, because of a high void reactivity coefficient and low efficiency of the reactor protection system, even a design basis accident (high-pressure header break) at low power would result in the destruction of the reactor and only "measures carried out after the Chernobyl accident made it possible to prevent a dangerous power increase at all initial power range in case of a design basis accident with black-out and the emergency reactor protection shuts down the reactor" [4]. Thus, the reactor was doomed because of its design characteristics and it was only a question of some initial conditions. On April 26, 1986 these conditions were created by the steps taken by the personnel.

Certainly, some details still may be clarified, but the major conclusions will remain those previously made. We do not find it useful to pursue continuous searches of other causes of the accident (such as earthquake, unique stars position in the skies, Masons influence, etc.). Nothing can stop human fantasies, in particular if those are fantasies which are far from such a specific field of knowledge as nuclear reactor physics and thermohydraulics.

¹ It should be noted that the generator rundown operating mode is the design basis mode designed jointly by the Principal Constructor and the Designer General to improve the reactor safety at a total loss of power [3]. It was first tested at the Chernobyl NPP in 1982 and one of the authors assisted at the tests.

But there is no need to force an open door. It is much more important to understand what made it possible to keep operating for years the reactor unit with many design deficiencies which led to catastrophic consequences.

As for the steps taken by the personnel, which is still a matter of disputes, we would like to refer once again to this issue analysis made in the USSR Gosatomnadzor commission report [1]. Certainly, the personnel committed a number of errors, but the blame laid on it was **deliberately** (let us emphasise this word) exaggerated in the official report submitted by the USSR to the IAEA in 1986 [5], on which basis after a due discussion the INSAG issued its first report [6]. This was the policy led by the country's political leaders and engineered by the Soviet nuclear industry top managers. We can affirm it, as one of us was present at the meeting of the Politbureau task force group of the CPSU Central Committee in July 1986 where the academician V. Legasov's speech to be made at the IAEA special session, was "rehearsed". Let us remind everybody that those events took place at the time when the policy of "glasnost" was strengthening, and giving public utterance to deficiencies of the Soviet science and technologies, nuclear ones in particular, was regarded as a violation of national interests and was severely persecuted.

The RBMK reactor deficiencies were known long before the accident. It is an incontestable fact as it was multifold documented. There were modernisation programmes regarding the control rods design and the reactors on the whole. However, either they remained non-realised at all or their realisation was too slow.

But the affirmation that the NPP personnel was not aware of those deficiencies, is quite disputable. Some documents treating of those deficiencies, reached at least the RBMK-type NPP managers. For instance, positive reactivity rundown at the control rods insertion into the core was experimentally realised in December 1993 during the commissioning tests done at Ignalina 1 and Chernobyl 4. This phenomenon and its possible impact on safety were a matter of discussion between the Kurchatov Atomic Power Institute (RBMK Scientific Supervisor) and the Reserch and Development Institute of Power Engineering (RBMK Principal Constructor). "Generally, it can be demonstrated (on the basis of the above-mentioned data) that after the reactor protection system responds, the positive reactivity rundown is possible if the number of fully ejected control rods exceeds 130 and $K_z > 1,7...$ " and further, "at a 50 % power decrease ... the reactivity margin decreases because of poisoning and the neutron flux altitude tilting may reach $K_z > 1,9$. In this case the reactor protection response may result in positive reactivity release" [7]. The Scientific Supervisor assumed that "a more thorough analysis will reveal other hazards" and suggested taking a series of practical measures in order to prevent them. In the response issued by the Principal Constructor [8] and later forwarded to all RBMK-type NPP managers and to the governing institutions, it was stated that "a known phenomenon was dealt with there". Besides, it was stated that measures to be taken to eliminate those hazardous phenomena were known as well.

Unfortunately, the existing practice was so that neither the Scientific Supervisor nor the Principal Constructor assumed any responsibility for the NPPs safety. The Operator in its worldwide civilised understanding assuming a full responsibility for safety did not exist in the USSR at that time. There was no "safety culture" in the country including the highest political level¹. Obviously, the safety-related importance of the arisen misgivings was underestimated and no measures were taken that would have prevented the catastrophe.

2. POLITICAL CAUSES OF THE ACCIDENT

The achievements of the Soviet nuclear science and industry, in particular the military ones, and their excessive politicising, on the one hand, and concealing faults and errors that caused a number of severe accidents (Cheliabinsk 1957, Leningrad NPP 1975, Chernobyl NPP 1982, etc.), no due governmental supervision over the activities carried out by the nuclear ministries (before 1984 there was practically no such supervision), on the other hand, resulted in such a situation when attitudes prevailing among nuclear experts were those of infallibility which quintessence can be best rendered by the following formula: "The Soviet nuclear reactors are the best in the world". It became especially evident in the official response to the accident occurred at the Three Mile Island NPP in 1979 when the Soviet nuclear power engineering top managers stated that "no such accident would be possible in a socialist country". Thus, the political prestige of the country turned to be dominating and preponderating over the primary condition of the nuclear power peaceful development, which is ensuring its safety. In our opinion, here is a root cause of the Chernobyl accident.

It is fair to say that in the early 80s there were tendencies to critically reassess the Soviet NPPs safety. However, impartial assessment of the RBMK reactors in particular, was blocked by the Soviet nuclear science

¹The "safety culture" concept was first enunciated in the INSAG report [6].

authorities and the Soviet nuclear industry top managers. As for the role of independent expertise represented, first of all, by the national nuclear safety regulatory bodies, it was actually none.

A strong and independent regulatory authority which is the keystone of the national nuclear safety policy in the West, did not practically exist in the USSR before the 1986 accident, as either there were no such bodies at all or they were subordinate to the nuclear ministries.

We affirm that bringing politics into the USSR nuclear science and technologies, image of exclusiveness and infallibility cultivated for years, no independent nuclear regulation, no efficient governmental supervision over the nuclear power safety were the root causes of the Chernobyl catastrophe.

The accident which severe consequences affected the interest of many countries throughout the world, broke the myth of infallibility. Attempts to conceal its real consequences failed. It was then necessary to find such causes of the accident which would disclose the least the real state of things in the country and would not raise doubts about safety level of the nuclear power on the whole. That is how the formula "the personnel is to blame" was brought into life.

3. ECONOMIC CAUSES OF THE ACCIDENT

There is a still existing myth that the Soviet nuclear science and technologies had at their disposal almost unlimited financial and material resources. It is true having in mind the military ones. As for the nuclear power engineering, it fully bore that permanent lack of funds which was proper to the whole of national economy; first of all it was true for the funds assigned to applied engineering researches in safety and reliability, experimental accomplishment of equipments, etc. The lack of funds assigned to purchase test rig stands and up-to-date computers, carry out researches and develop technologies in radwaste management, design high-quality dosimeters and simulators: all those gaps became obvious in some way at the time of the accident and during the mitigation of its consequences. Moreover, the situation changed very little after the accident. The authors took part in drafting the USSR top governmental decisions after the accident which aim was to lay foundations of the up-to-date scientific, research and experimental bases to support safety and reliability of the nuclear power engineering. **We can assert with a strong evidence that the economic basis for ensuring nuclear safety in the USSR was not provided, and it makes absolutely no difference whether the situation was caused by a misunderstanding of the problem or by a lack of funds. What is really important is that the nuclear power safety did not have an economic foundation.**

4. NOWADAYS

Here we come up to the major concern that made us address ourselves to the events which took place more than 10 years ago. Most of the above has already been discussed more than once. But there is another important concern to see to which extent the root causes of the accident were recognised and what was done to prevent another catastrophe in the future, first of all in this country.

There is no doubt that the accident was seriously moralised upon and attitudes towards nuclear safety changed. There were vast schemes of the NPPs modernisation in order to upgrade their safety, develop scientific research in nuclear safety, improve the nuclear regulation regime, upgrade the personnel qualification, etc. However, not everything was done, or, to be more exact, most of the conceived in the first post-accident years was not put into practice. Why?

Here we come back to "safety culture" which is defined as a "assembly of characteristics and attitudes in organisations and individuals which establishes that, as an overriding priority, nuclear plant safety issues receive the attention warranted by their significance" [9]. Unfortunately, the further back in the past the events of April 1986 are, the cooler becomes the attitude towards safety issues, the more the moral of the accident is forgotten. Certainly, the existing situation is caused to a great extent by the economic crisis in the country. Nowadays the NPPs do not really have enough funds to carry out large-scale safety-related activities nor even to pay wages to the personnel. But the situation was not always like this. There was enough time and funds in the past, but safety became a real priority neither for the NPPs managers, nor for the industry, nor for the country on the whole. It is evidenced by the fact that even those measures are not taken which could bring a maximum effect at the minimum costs: improvement of the NPPs organisational structure, implementation of quality systems consistent with the international practices. Not any of the NPPs has neither produced safety reassessment reports nor got a long-term license (permit) for operation.

This unpleasant list of what has been done and what has not been done can be longer, but to our mind, the above listed misses are fully enough. In parallel, there are interminable discussions on the nuclear fuel cycle development and increase of the NPPs capacity. At the same time, about 50% of power generating units in Ukraine are out of operation, and that outage will last for many years on. The NPPs outages last for months and the capacity factor in this industry is 15 to 20% lower than that reached by many operators throughout the world. Furthermore, the government has no funds even to maintain the existing safety level of the NPPs in operation.

However, the government finds funds for interminable industry management reorganisations. The organisational structure of the nuclear industry in Ukraine stood several reorganisations during the whole period of independence. At first those reorganisations did not directly touch the NPPs which were the Operators and had the appropriate permits granted by the nuclear and radiological safety regulatory authorities. But since early 1998, the situation has cardinally changed. The NPPs were stripped of their legal status and, in compliance with the law "On the Nuclear Power Use and Radiation Safety" [10], are not any more the Operators. The Cabinet of Ministers of Ukraine charged the NAEK "Energoatom" to be "the Operator of the Zaporozhye, Rovno, Khmelnytsky, Chernobyl and South-Ukrainian nuclear power plants". Up to now "Energoatom" has no permit granted by the regulatory authority for the NPPs operation in Ukraine³. So who is now "fully responsible for the NPPs radiation protection and safety" [10]? Or maybe we are back in the situation on the eve of April 1986?

Analysing the current status and the apparent trends enables us to conclude that after Ukraine had declared its independence, the Ukrainian nuclear industry found itself in a deep stagnation which can further transform into degradation. The potential accumulated in the previous years is now being used. Very little has been done to ensure a full-potential, reliable and safe operation of the nuclear power engineering. Despite of some steps forward made in the sphere of nuclear legislation and nuclear regulation, the actual situation in the nuclear engineering is still very complicated and keeps worsening. The safety culture is still at a very low level. **There are all the reasons to state that no due conclusions were drawn in Ukraine further to the analysis of the Chernobyl accident causes.** The nuclear power engineering in this country has come up to the dead-line. The industry top managers, the regulatory and other governmental authorities must be aware of it. The situation can be changed, but to that end efforts and resources should be accumulated to solve the vital problems of the nuclear power engineering, first of all the safety-related ones.

CONCLUSION

The objective of the article was not to evaluate the status of nuclear safety in this country. We wished to raise another question: analysing the Chernobyl accident occurred in April 1986 is not the end in itself and the analysis must not be retrospective. The objective is to draw the moral for nuclear safety nowadays and in the future in order to prevent the very possibility of another accident entailing severe radiological consequences. In our opinion, discussions on any details of physical and thermohydraulic processes occurred in April 1986 can and even must be the matter of due consideration. But another thing is more important. The uppermost importance is to understand why it was possible to keep operating the reactor unit which did not meet safety conditions, why it was possible to keep it operating while the deficiencies which later entailed the catastrophe were known and why those deficiencies were not eliminated while it was clear how to eliminate them. All those who deal with nuclear safety issues or whose decisions may affect the nuclear safety directly or indirectly, are they fully aware of it? We would not dare to give a positive answer to that question.

REFERENCES

1. *Causes and circumstances of the accident at the Chernobyl NPP Unit 4 on April 26, 1986.* Report issued by the GOSATOMNADZOR commission, Moscow, 1991
2. *INSAG-7, Chernobyl accident : addendum to INSAG-1.* Report issued by the international group on nuclear safety, Safety Series N75-INSAG-7, IAEA, Vienna, 1992
3. *Letter POBox A-7291 N040-9253 dated 24.11.76*
4. *Yu. V. Mironov, Yu. M. Nikitin, T. I. Fomicheva, E. A. Domoradov.* Analysis of the RBMK-1000 dynamics in case of high-pressure header break at low power. Atomic Energy Series, vol. 75, 2-nd ed., August 1993, Moscow
5. *Chernobyl accident and its consequences : information for the IAEA experts meeting in Vienna on August 25-29, 1986.* Parts 1 and 2, USSR GOSKOMATOM, 1986.

6. *INSAG-1*, Final report of the Session dedicated to the causes and consequences of the Chernobyl accident. Report issued by the international group on nuclear safety, Safety Series N75-INSAG-1, IAEA, Vienna, 1986
7. Letter POBox A-1758 N033-08/67 restricted, dated 23.12.83
8. Letter POBox A-7291 N050-01/1-120, dated 2.02.84
9. *INSAG-4*, Safety culture. Report issued by the international consultative group on nuclear safety, Safety Series N75-INSAG-4, translated from English, IAEA, Vienna, 1991
10. *The Law of Ukraine "On the Nuclear Power Use and Radiological Safety"*, News from the Supreme Rada of Ukraine, N 12, 1995, p. 81