«ОБНИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ОНИЦ «ПРОГНОЗ»

Вопросы культуры безопасности на стадии строительства АЭС

4-я Международная летняя школа по культуре безопасности.
Россия, Санкт-Петербург. 6 - 10 июля 2015 г.

Машин В.А.,
Старший специалист
ОНИЦ "Прогноз"

Базовые элементы культуры
От ценностей и аттитюдов - к действиям и деятельности

Культура расследования

Культура преподавания

Культура испытаний

Культура надзора

Культура общения

Культура документооборота

Культура аудита

Культура отбора

Культура управления

Культура безопасности

Культура закупок

Культура статистического анализа

- соблюдение требований и принципов математической статистики в ходе планирования, организации и проведения исследований, обработки, анализа данных и представления полученных результатов.

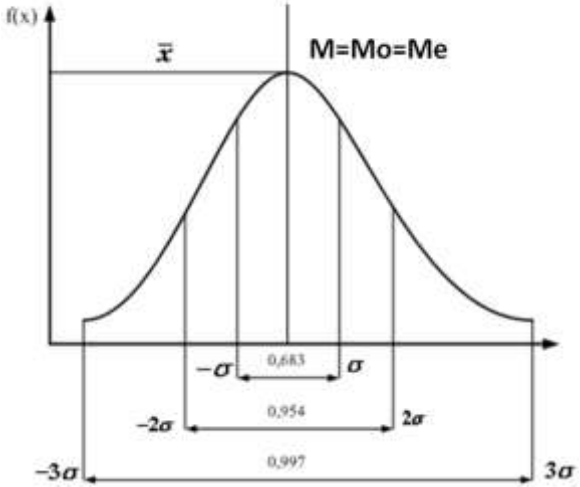
Основные элементы Культуры

1. Требования и принципы определены
   - *Что, Как, Когда, Где, Кому*
2. Требования и принципы соблюдаются
   - *Организация* (*обучение*)
   - *Выполнение*
   - *Контроль*
   - *Коррекция*

Что такое "низкая культура" (Процессная модель)

1. Ясно и четко не определены требования и принципы к процессу.
2. Требования и принципы не доведены до персонала и не отражены в рабочей документации по процессу.
3. Требования и принципы не соблюдаются персоналом процессе его деятельности.
4. Отсутствует контроль за исполнением персоналом требований и принципов в процессе деятельности.
5. Отсутствует коррекция отклонений персонала от требований и принципов в процессе деятельности.

Нормальное распределение
Параметрические методы - *r, ФА*



Распределение с [-] асимметрией
Непараметрические методы - *Sp, Ke*

Интервальная шкала: При нормальном распределении - *M, SD, r*

1	2	3	4	5	6	7

Порядковая (ранговая) шкала: Частотное распределение - *Me, Mo, Sp, Ke*

Очень низкое	Низкое	Ниже среднего	Среднее	Выше среднего	Высокое	Очень высокое

Связь Культуры и Компетенций
"Забудьте все, чему вас учили в институте, и слушайте сюды"

1. Тарелка для горячего.
2. Закусочная тарелка.
3. Тарелка для хлеба.
4. Закусочная вилка.
5. Вилка для рыбы.
6. Столовая вилка.
7. Столовый нож.
8. Нож для рыбы.
9. Закусочный нож.
10. Столовая ложка.
11. Нож для масла.
12. Десертная ложка.
13. Десертная вилка.
14. Бокал для воды.
15. Бокал для белого вина.
16. Бокал для красного вина.

Процессная модель системы управления безопасностью Формирование и развитие Культуры безопасности

Совершенствование СУБ

Система управления безопасностью (СУБ)

1. Определение требований и принципов, которым необходимо следовать для обеспечения безопасности, а также планируемых состояний безопасности, выраженных через показатели деятельности (целей).
(*Требования к СУБ*)

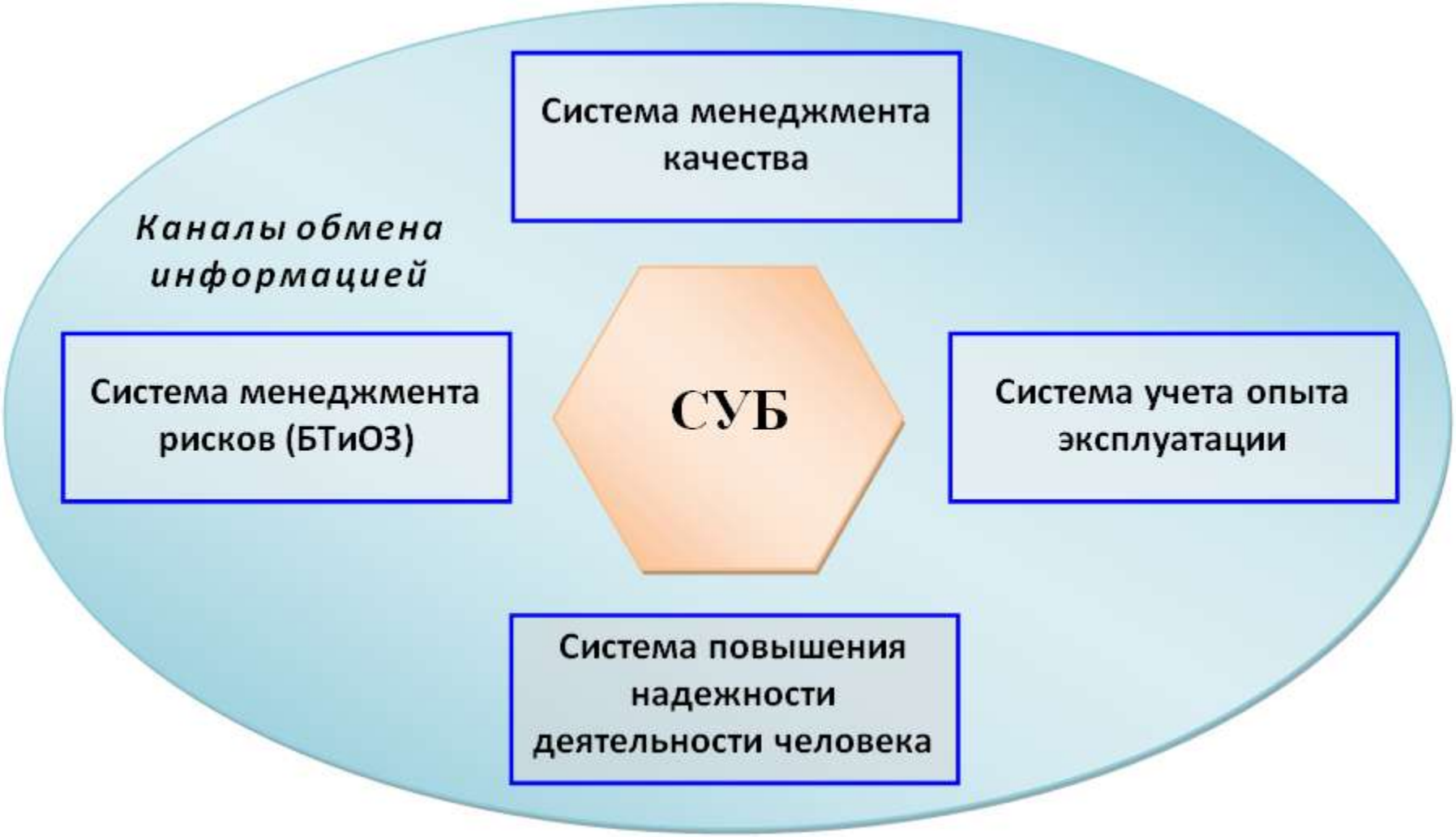
2. Определение процессов, видов деятельности, ресурсов и каналов обмена информацией, установление ответственности и полномочий, разработка необходимой документации, подготовка персонала.
(*Организация СУБ*)

3. Внедрение и поддержание процессов и видов деятельности, гарантирующих соблюдение требований и принципов, а также достижения целей в области обеспечения безопасности.
(*Реализация СУБ*)

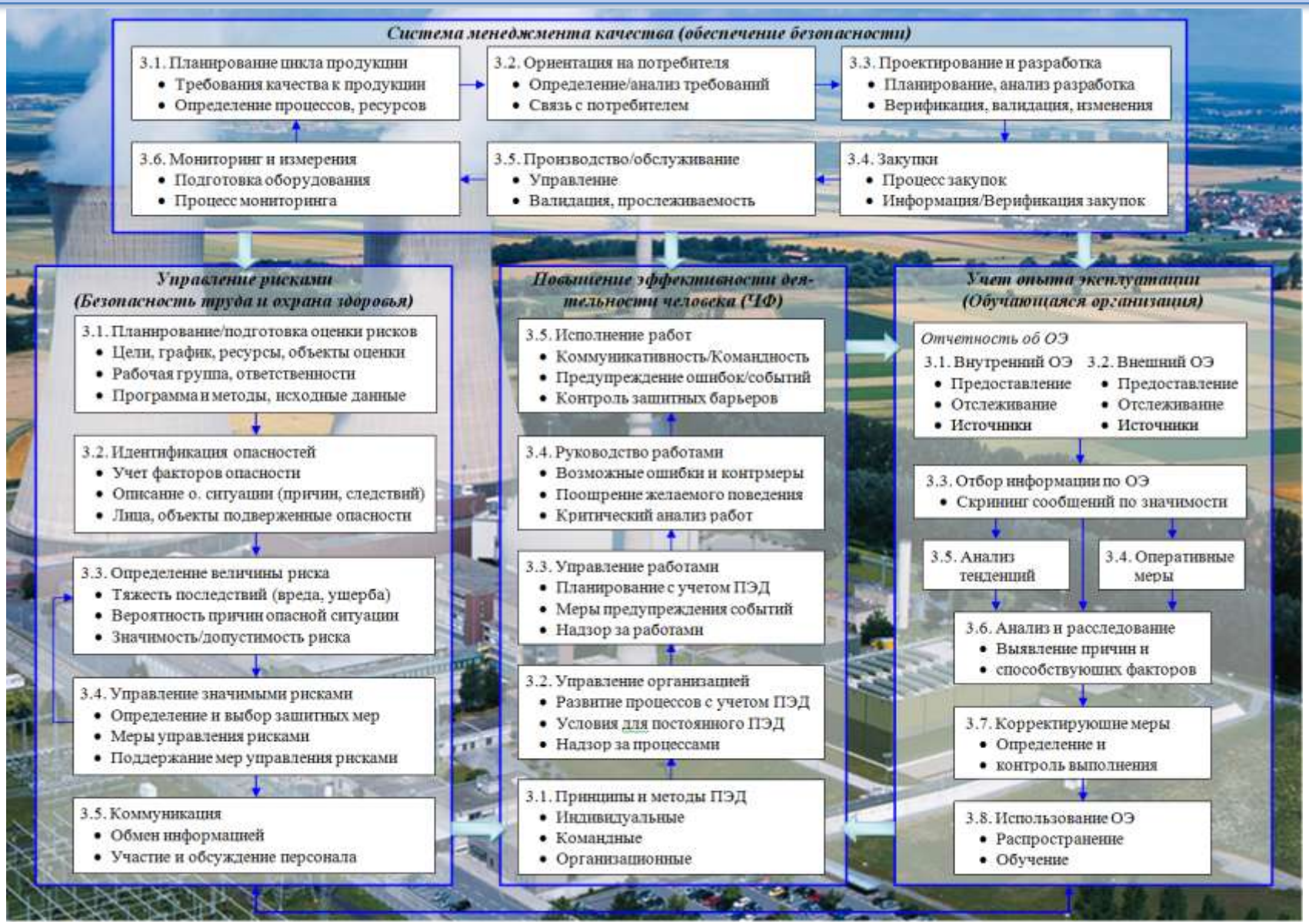
4. Мониторинг, самооценки и независимые проверки выполнения требований и принципов обеспечения безопасности, а также достижения поставленных целей в области безопасности.
(*Контроль СУБ*)

5. Определение и реализация корректирующих и предупреждающих мер, а также внесение изменений с целью улучшения и развития процессов и видов деятельности в области обеспечения безопасности.
(*Коррекция СУБ*)

Структура процессов системы управления безопасностью



Детализированная структура процессов системы управления безопасностью



Управленческая дилемма:
Баланс целей качества/безопасности и производства

Внешние факторы - политические и экономические, требования Регулятора, Заказчика, Проектировщика, МАГАТЭ

Внутренние факторы – квалификация и опыт персонала, обеспеченность ресурсами, реализация процессов

Ограниченные ресурсы

- Деньги
- Время

Система управления

Принятие решений

Ограниченные ресурсы

- Техника
- Персонал

Взгляд **«Инженера»**

Качество и безопасность работ

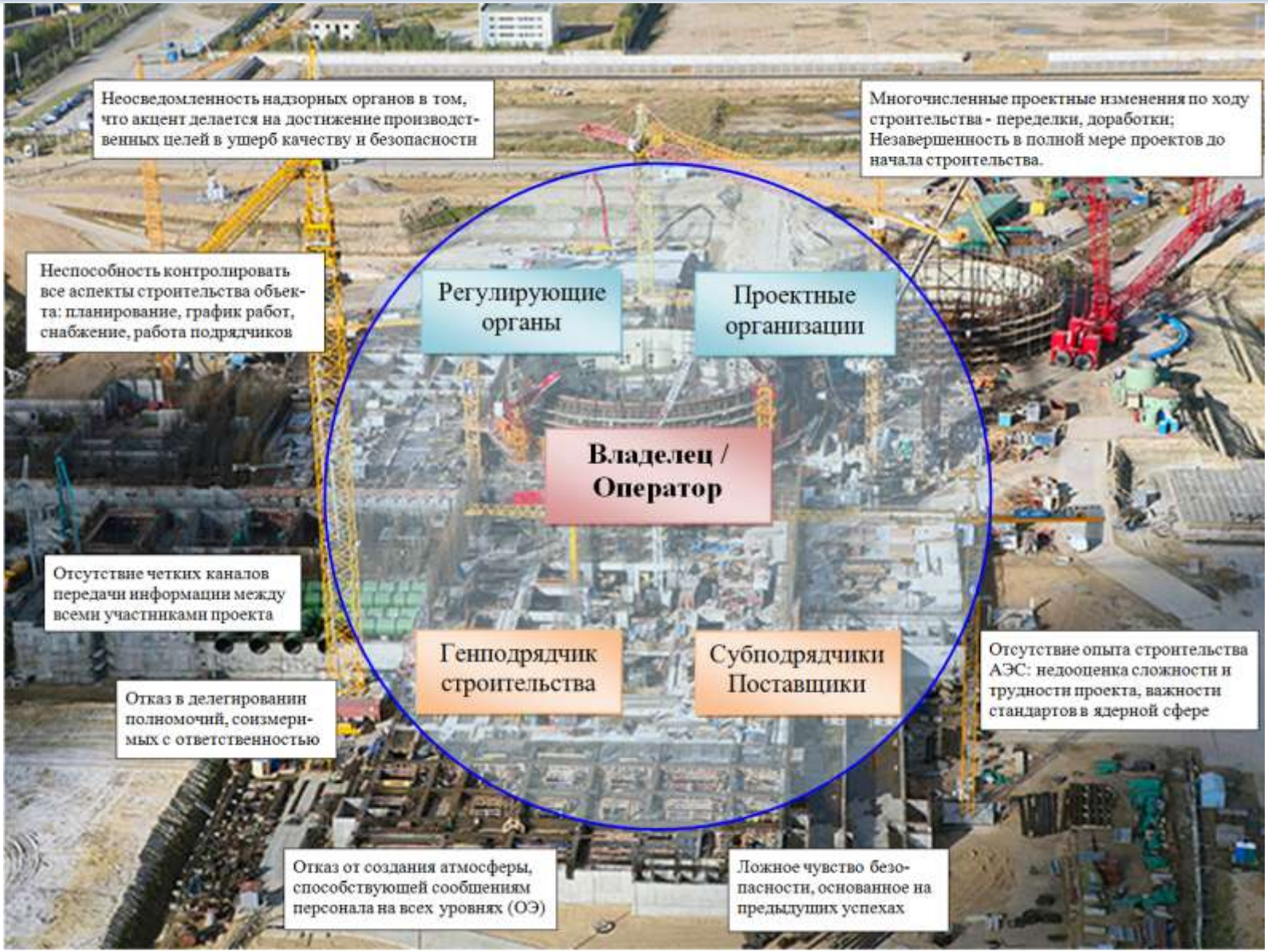
Безопасность
Качество

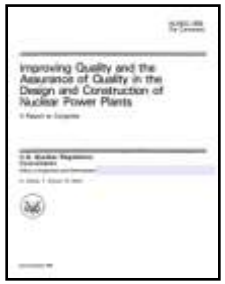
Взгляд **«Менеджера»**

Средства для развития и поощрения

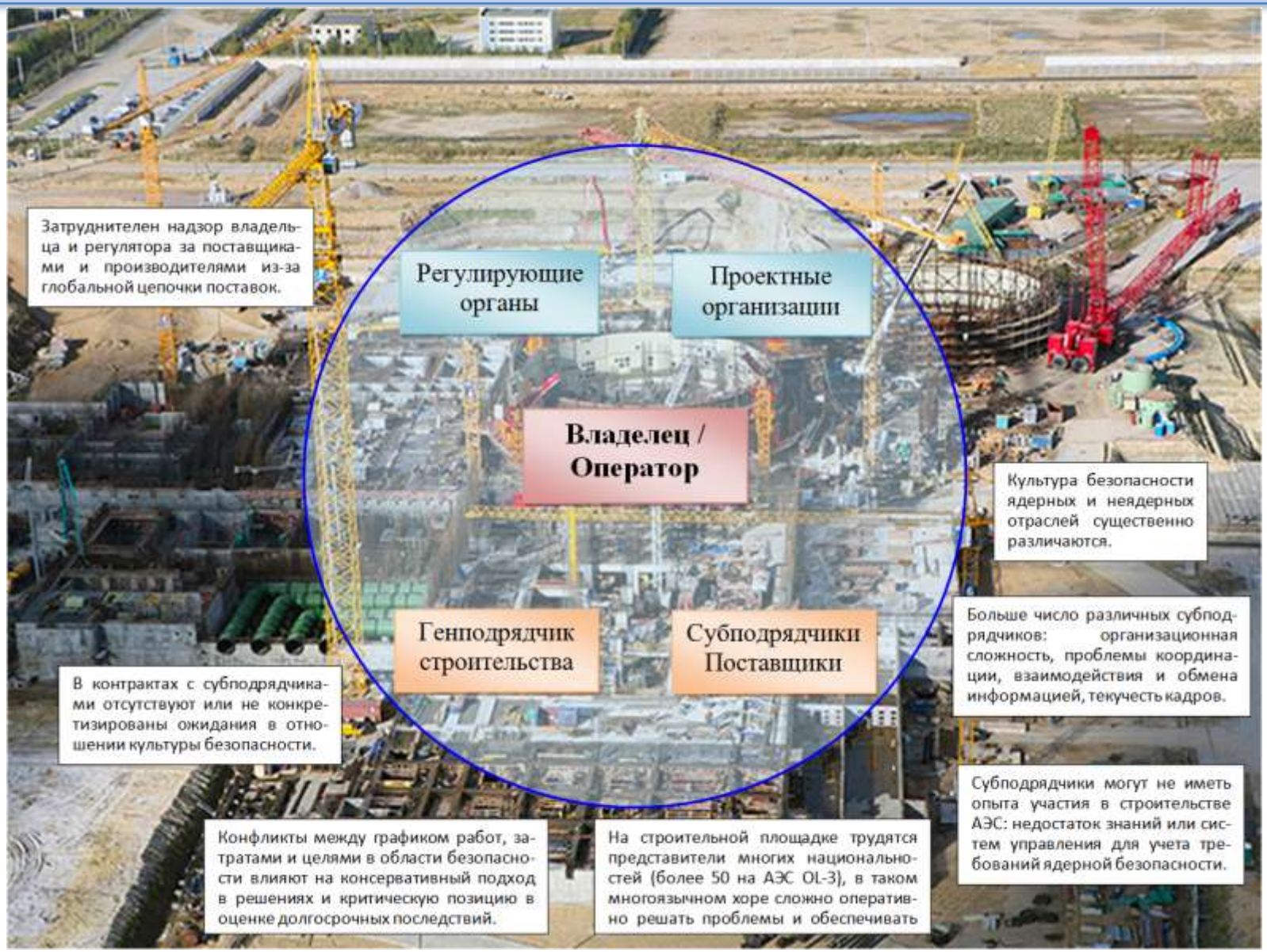
План/График
Прибыль/Затраты

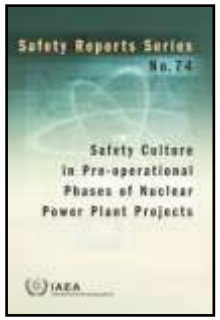
Основные проблемы на этапе строительства АЭС (NRC, NUREG-1055, 1984)



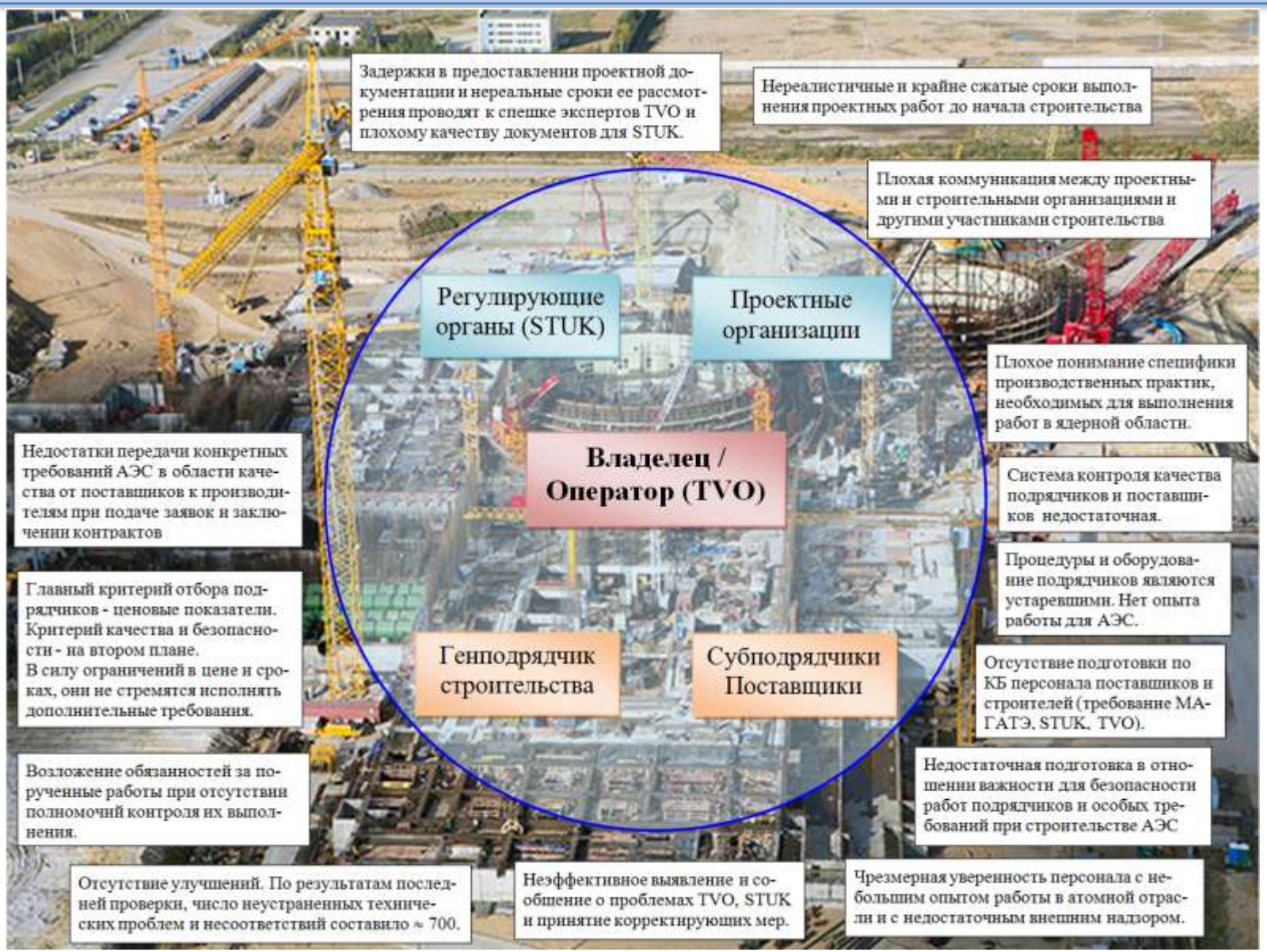


Основные проблемы на этапе строительства АЭС (IAEA, Safety Reports Series No 74. 2012)





Основные проблемы на этапе строительства АЭС (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)



1. Требования к системе управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

А. Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

- Генподрядчик в заявках к тендеру на поставку бетона не указал специальные требования, которые предъявляются к управлению качеством работ при строительстве АЭС. Например, разработка ПОКАС(С) до начала выполнения работ с включением требований МАГАТЭ (лишь в 2006 г.).
- Поставщик не имел опыта строительства АЭС и его СМК на стадии отбора не отвечала ISO 9001.
- Главный критерий, который применялся Генподрядчиком при сравнении участников торгов, была стоимость работ. Поставщик д.б. оценить объем дополнительных работ и расходов по СМК после заключения контракта.
- Стратегия, выбранная Генподрядчиком в подборе поставщика бетона (Forssan Betoni Oy, Финляндия), возлагала на него дополнительные обязанности в создании СУБ (включая менеджмент качества) и формировании КБ у поставщика (не имеющего опыта работы в ядерной отрасли), отвечающей требованиям и критериям, предъявляемым к сооружению АЭС.
- Генподрядчик не рассматривал это как свою задачу.

1. Требования к системе управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

B. Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

- Проектировщиком и поставщиком стальной облицовки была выбрана немецкая компания BNN, работающая в ядерной отрасли.
- Компания BNN самостоятельно отобрала субподрядчика для производства стальной облицовки (фирма EPG, Польша).
- Требования к качеству и контролю технологических операций не были акцентированы при проведении тендера и стали неожиданностью для отобранного производителя,
- EPG имела опыт в производстве крупных стальных конструкций для обычного применения, при отсутствии опыта поставок продукции для АЭС.
- Как результат, система управления безопасностью и культура безопасности производителя не отвечала в полной мере требованиям и критериям, предъявляемым к сооружению АЭС.
- Как показало исследование STUK, эти вопросы не были в фокусе внимания компании BNN при выборе субподрядчика.

Культура безопасности на стадии строительства АЭС "Как один дурак задал задачку семерым мудрецам"

- 12:10, по непонятным причинам останавливается 3-й блок. На следующий день картина повторяется. Причина - отключение вентиляции. Почему - неясно. На третьи сутки виновника ловят буквально за руку. Это один из рабочих-строителей 4-блока. Когда он шел на обед по коридору, где были размещены выключатели вентиляционных моторов, он по своему разумению их выключал - чего зря работать, обед же.

- В 8:15 резко упал ток в цепи особо ответственных потребителей СН АЭС. По блокировке 3-й блок остановился. Следующее утро – то же самое. Проверили электрическую часть - все нормально, автоматику - без замечаний. На третье утро все повторяется. Все умы засели над этой задачкой. Оказалось, строители 4-го блока, дабы сэкономить кабель решили запитаться от силового кабеля, который лежал у них под ногами. Это и был кабель особо ответственных потребителей СН АЭС. И запитали они, не больше не меньше, как бетономешалку. В момент ее включения (8:15), происходило резкое падение тока в цепи и срабатывание блокировок.

2. Организация системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

А. Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

- Ответственность поставщика за обеспечения качества бетона не была четко определена. Отсутствовала ясность между поставщиком бетона и Генподрядчиком, кто несет прямую ответственность за состав бетонной смеси (в итоге, существенная роль экспертов FANP). Не был назначен ответственный руководитель за изготовление фундамента на площадке АЭС, с полномочиями принятия решений, обязательных для всех сторон.

- Обмен информацией между подрядчиками бетонных работ был организован исключительно через Генподрядчика. Отсутствовал механизм прямого взаимодействия между отдельными участниками проекта (проектировщиком плиты, поставщиком бетона, производителем работ по бетонированию).

- Руководство поставщика бетона не связывало качество бетонной смеси с безопасностью АЭС. Персоналу не было предоставлено обучение со стороны Генподрядчика, касающееся практик и методов работы в ядерной области, а также значимости для безопасности выполняемых им работ. (Сложно ждать от организации КБ, соблюдения требований в области обеспечения качества и безопасности, если они не в полной мере не доведены до организации.)

2. Организация системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

B. Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

- Функции проектировщика гермооболочки реактора взял на себя Генподрядчик (Framatome ANP). При этом не были четко определены ответственности по обеспечению качества в длинной цепочке управления:
  - Регулятор (STUK, Финляндия)
    - Заказчик АЭС (TVO, Финляндия)
      - Генподрядчик (Framatome ANP, Франция)
        - Поставщик (BNN, Германия)
          - Производитель (EPG, Польша).
- Постоянное обучение, согласно FANP и ПОК EPG, по вопросам обеспечения качества не было предоставлено для персонала EPG.
- Не была объяснена значимость для безопасности АЭС качества сварных швов и доведены методы управления качеством в ядерной области.

3. Реализация системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

А. Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

- Согласно договору, подрядчик отвечал за производство бетонной смеси и ее до бетононасоса. Он не был заинтересован уделять должное внимание удобоперекачиваемости бетонной смеси (к поломкам насосов и задержкам в работах).
- Персонал бетонных заводов отклонялся от практик и методов работы, которым следуют в ядерной области при выполнении строительных работ. Утвержденный состав бетона и требования не соблюдались при производстве бетона. Отмечались значительные колебания в качестве бетона (неоднородность, расслоение, низкая удобопрокачиваемость), которые не рассматривались персоналом как значимая проблема, требующая активных мер и привлечения сторонних организаций.
- Эффективная СМК не была создана на заводах поставщика бетона (потеря тестовых образцов для определения прочности бетона на сжатие).
- Низкая эффективность каналов передачи информации в рамках СМК проявилась в проблемах обмена данными между участниками проекта по составу бетонной смеси, технологии производства бетона и контролю качества.
- Персонал поставщика бетона не сообщал оперативно о наличии несоответствий при производстве бетонной смеси. Были установлены значительные задержки при выполнении корректирующих мер в ответ на отчеты о несоответствиях.

3. Реализация системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

B. Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

- Выполнение работ, в нарушение требований качества, были начаты до завершения компанией FANP основного проекта гермооболочки реактора. Постоянно вносимые изменения в ПТД приводили к переделкам и дополнительным работам. (Отверстия для проходки паропроводов в стальной облицовки были вырезаны в неверных местах, с использованием устаревшей ПТД и с разрешения FANP. Инспекция TVO). Часто необходимая ПТД просто отсутствовала, что приводило к простоям в работе, и не позволяла STUK выполнять инспекции конструкций. "Рванный" режим работы.

- Условия выполнения работ (освещение, чистота, температура), а также использование ручной сварки для выполнения ответственных работ не отвечали в полной мере производству конструкций 2-го класса безопасности, к которому относилась стальная облицовка гермооболочки.

- Производитель не обеспечил требование СМК к прослеживаемости продукции, чтобы можно было отследить историю всех дефектных продуктов (увеличенные зазоры между свариваемыми кромками пластин).

4. Контроль системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

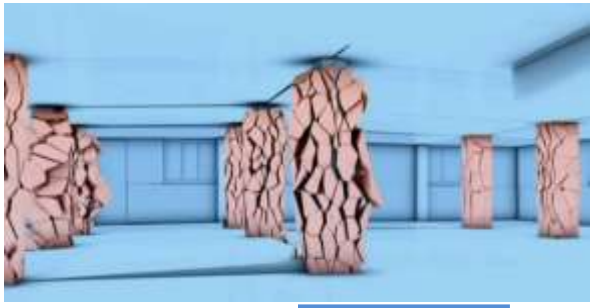
А. Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

- Задолго до начала бетонирования плиты FANP и TVO были осведомлены о проблемах в качестве бетона (плохая удобопрокачиваемость, неоднородность, расслоение), но не предприняли активных мер по их устранению вплоть до начала работ (изменение пластификатора и добавление замедлителя в бетонную смесь).
- Генподрядчик и поставщик бетона неоднократно обсуждали требования к обеспечению качества и методам выполнения работ. При этом поставщик полагал, что эти требования (изменения состава бетонной смеси из-за поломок бетононасосов) лежали вне рамок содержания контракта, и не предпринимал должных корректирующих мер.
- По указанию Генподрядчика уже во время работ по бетонированию плиты здания реактора был изменен состав бетонной смеси (нарушение требований STUK). При этом не были проанализированы последствия этих изменений, которые носили существенный характер (нарушение финских СНиП).
- Результаты независимой проверки качества бетонной смеси, выполненной по распоряжению Генподрядчика, не были достаточно широко распространены даже в пределах FANP и скрыты от TVO и STUK. В результате несоответствия качеству состава бетона не были своевременно и в открытой манере рассмотрены и устранены.

Требования к Системе Менеджмента Качества при строительстве АЭС (Пример)

15 марта 1986 г., Сингапур, гостиница "New World

- Гостиница (24 метра, 6 этажей, подземный гараж, на первом этаже банк, на втором ночной клуб) была построена в 1971 году. 36 железобетонных опор.
- В субботу, в 11:26, началось разрушение колонн и менее чем за минуту здание рухнуло. 33 человека погибли, спасено 17.
- Расследование установило, что архитектор здания не учел в расчетах несущих колон статической нагрузки (веса самого здания – **6 тыс. тонн**), а только подвижную (люди, кондиционеры, машины – **более 100 тонн**). Из-за фатальной ошибки, все 15 лет многие опоры были нагружены до предела и здание было на грани обвала.



4. Контроль системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

B. Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

- Согласно инспекции STUK, производитель использовал несогласованный метод сварки для исправления ранее выполненных работ (сварные швы были вновь удалены и повторно сварены). STUK обнаружил также дефекты при сварке крепежных пластин. Также STUK сделала несколько замечаний по поводу отсутствия в полном объеме ПТД по проведению инспекций (к задержкам).

- Надзорное лицо от поставщика (BNN) имело ограниченный опыт по данным видам работ, это вело к задержкам при рассмотрении ПТД, а также при решении проблем и реализации корректирующих мер. TVO и STUK вынуждены были взять на себя ответственность BNN за проведение проверок и своевременное инициирование корректирующих мер.

- Генподрядчик не выделил инспектора для контроля соответствия требованиям качества работ по производству стальной облицовки, положившись на инспекторов TVO и STUK. При этом формально регулятор не отвечал за контроль качества в процессе производства.

- Длинная цепочка управления при производстве стальной облицовки приводила к задержкам передачи информации для рассмотрения отчетов по несоответствиям, принятия и реализации корректирующих мер.

5. Коррекция системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

А. Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

- Генподрядчик полагал, что поставщик бетона будет реализовывать корректирующие меры, как только эксперты Генподрядчика обнаружат проблемы и доведут до поставщика. Генподрядчик не проверял, были ли на самом деле предприняты корректирующие меры. Такие ожидания были бы оправданы только при условии эффективной СУБ (СМК, системы учета опыта эксплуатации), которая отсутствовала у поставщика бетона. Но в любом случае культура безопасности требует проверить не только то, что корректирующие меры были предприняты, но и насколько эффективны они оказались.

- Подход со стороны Генподрядчика к решению возникших проблем качества бетона характеризовался поиском виновных сторон вместо того, чтобы сосредоточиться на развитии практик и методов работы, которые могли бы обеспечить требуемое качество.

- Вопросы обеспечения качества при производстве бетонной смеси и выполнении работ по бетонирования не были своевременно и в открытой манере рассмотрены и устранены.

5. Коррекция системы управления безопасностью (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

B. Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

- В ходе двух инспекций STUK и TVO были обнаружены чрезмерные зазоры между свариваемыми кромками, что не соответствовало исходным техническим требованиям. Был составлен отчет о несоответствии, а работы были приостановлены до принятия корректирующих мер. Через полгода данное нарушение было повторно обнаружено в ходе инспекции STUK, и TVO вынуждено было инициировать расследование.
- STUK направил несколько замечаний Заказчику АЭС по поводу отсутствия в полном объеме проектно-технической документации для проведения инспекций конструкций стальной облицовки. TVO, согласно процедуре, проинформировала проектировщика (компанию FANP), но ситуация качественно не поменялась.
- СМК, реализованная BNN и FANP, была недостаточной и требовала дополнительных видов деятельности от TVO и STUK.

Основные проблемы на этапе строительства АЭС (STUK, Investigation Report 1/06, 2006)

АЭС Олкилуото-3 EPR-1600

Стоимость контракта ("под ключ") – €3.2 млрд.
Лицензия на строительство – 07.02.2005
Начало строительства – май 2005
Дата сдачи в эксплуатацию – 01÷06.2009

Финский регулятор практически сразу потребовал внесения доработок в проект; высказывал претензии к качеству процессов производства основного оборудования и строительных работ на площадке.

Реактор EPR-1600 - проект "на бумаге", без референтности, готовый на 25-30% к тендеру в 2003:
- 8 раз сдвигалась дата пуска (≈ 2018 год)
- многократный рост стоимости (≈ €8.5 млрд.)

2008. Areva не поставила TVO проектную документацию по АСУ ТП для согласования.

Areva - впервые как Генподрядчик, 15 летний перерыв в проектах АЭС:
- восстановление инфраструктуры и
- создание СУ подрядчиками.

2008. На заводе Areva для деталей трубопроводов была использована более крупнозернистая сталь, чем по спецификации (STUK).

Национальный ядерный регулятор Финляндии (STUK)

Framatome ANP
Консорциум Framatome/Siemens AG (реактор EPR-1600)

Владелец - TVO
Финская энергетическая компания

Несоответствие габаритов поступающего на площадку оборудования предусмотренным проектной документацией допускам на его установку

Framatome/Siemens (Areva NP)
Framatome – PO
Siemens AG – TO

До 1800 субподрядных организаций, поставщиков и производителей

С 2008 - взаимная судебная тяжба TVO и Areva из-за задержек пуска блока и финанс. потерь
Консорциум Areva к TVO - иск на €3.5 млрд.
Компания TVO к Areva - иск на €2.3 млрд.

Первый опыт Areva в строительстве АЭС с реактором EPR-1600:
- постоянные проблемы с качеством работ и оборудования;
- дефицит квалифицированных специалистов;
- задержки из-за несоблюдения сроков изготовления и поставки оборудования.

Иск Areva к TVO за срыв графика: вместо не более 7 недель на одобрение ТД (по контракту), Заказчик тратил более 8 месяцев, который должен одобрить более 100 тыс. документов (2008)

С 2003 Areva не выиграла ни одного тендера на строительство АЭС
В 2014 чистые убытки компании составили €4.8 млрд.
С 2015 - отказ от строительства EPR за рубежом "под ключ"
Отток квалифицированных кадров, главное, из инженерного звена

АЭС Ловииса (ВВЭР-440/213), Финляндия
СМК при строительстве АЭС

- Начало строительства 1 мая 1971 г. 1-й реактор начал работу в феврале 1977, второй - в ноябре 1980. Проектирование – Атомэнергопроект (СПбАЭП). Координация проектирования и строительства – Атомэнергоэкспорт. Строительная часть - финские компании. Системы безопасности и управления - Westinghouse и Siemens.

- За период с июня 1980 года, когда был осуществлен энергопуск 5-го блока НВАЭС (ВВЭР-1000/В-187, начало строительства - 1972), по февраль 1981 года, произошло **72** срабатывания АЗ реактора и **156** остановов и пусков ТГ.
- 1-й блок АЭС Ловииса. Наше серийное оборудование (проверенное, качественное) было смонтировано с очень высоким качеством и вводилось в работу при 100% готовности защит, автоматики и блокировок. На этапах пуска и освоения *N* этот блок имел **17** случаев плановых и незапланированных остановов и из них только **3** случая срабатывания АЗ 1-рода.

В.И. Смутнев - НС АЭС (НВАЭС)

Процессная модель системы управления безопасностью
Формирование и развитие Культуры безопасности

Совершенствование СУБ

Система управления безопасностью (СУБ)

1. Определение требований и принципов, которым необходимо следовать для обеспечения безопасности, а также планируемых состояний безопасности, выраженных через показатели деятельности (целей).
(*Требования к СУБ*)

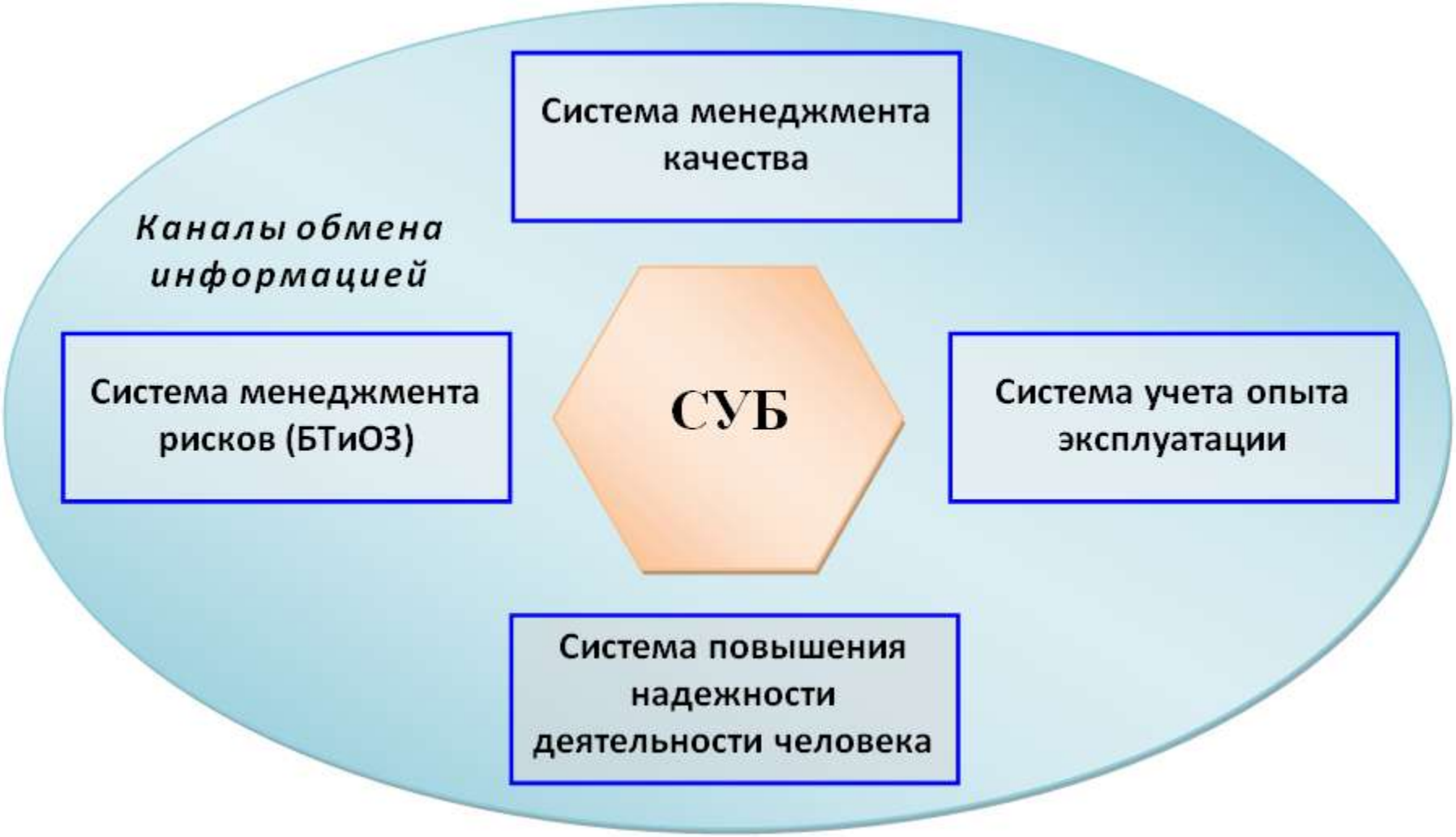
2. Определение процессов, видов деятельности, ресурсов и каналов обмена информацией, установление ответственности и полномочий, разработка необходимой документации, подготовка персонала.
(*Организация СУБ*)

3. Внедрение и поддержание процессов и видов деятельности, гарантирующих соблюдение требований и принципов, а также достижения целей в области обеспечения безопасности.
(*Реализация СУБ*)

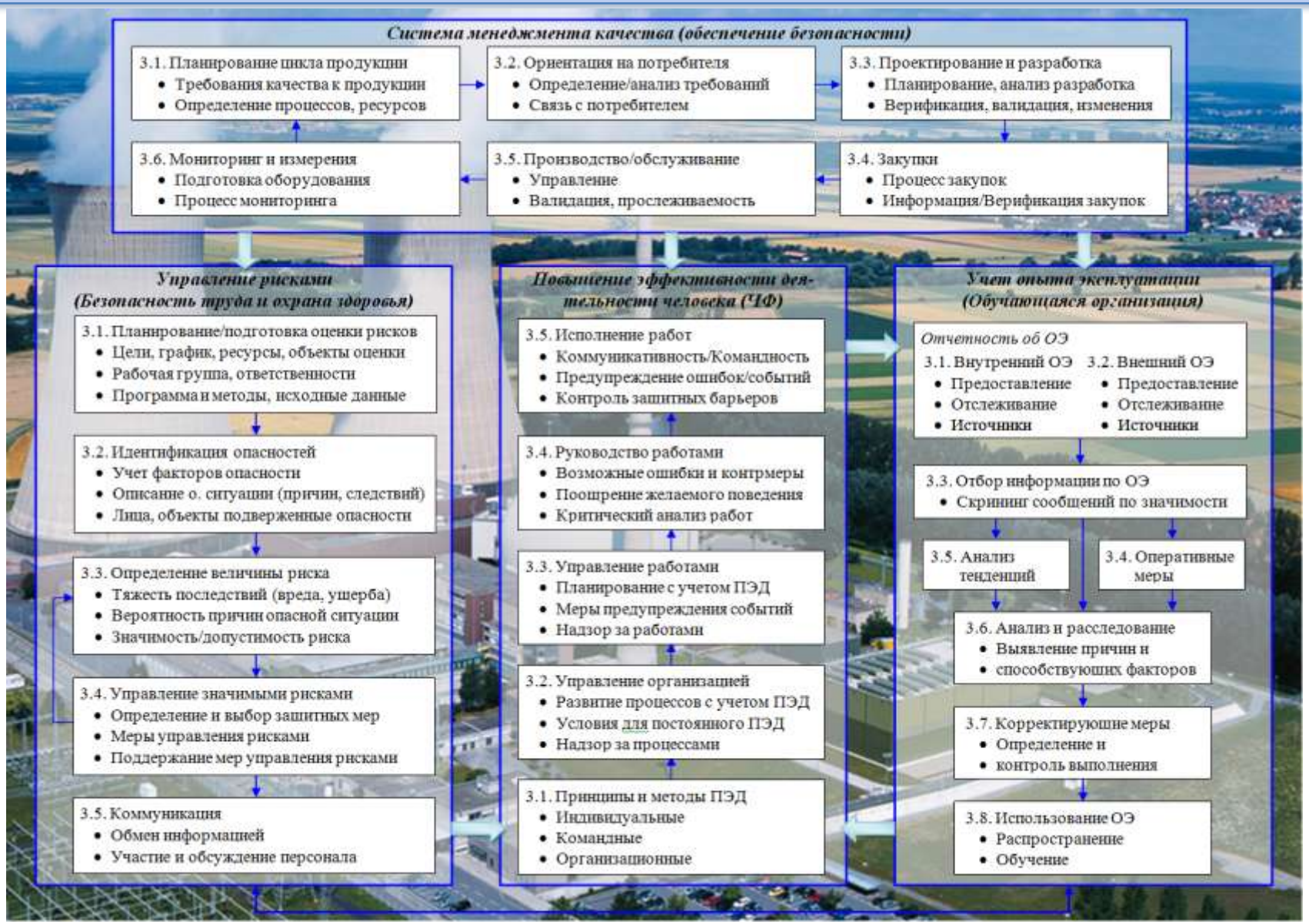
4. Мониторинг, самооценки и независимые проверки выполнения требований и принципов обеспечения безопасности, а также достижения поставленных целей в области безопасности.
(*Контроль СУБ*)

5. Определение и реализация корректирующих и предупреждающих мер, а также внесение изменений с целью улучшения и развития процессов и видов деятельности в области обеспечения безопасности.
(*Коррекция СУБ*)

Структура процессов системы управления безопасностью



Детализированная структура процессов системы управления безопасностью



Литература

- Машин В.А. О нарушениях в работе атомных станций, обусловленных человеческим фактором // Электрические станции. № 3. 2012.
- Машин В.А. Культура безопасности и система сбора, учета, классификации и анализа событий низкого уровня // Электрические станции. № 8. 2012.
- Машин В.А. Повышение эффективности деятельности персонала АЭС // Электрические станции. № 5. 2013.
- Машин В.А. Система менеджмента безопасности: развитие и постоянное повышение культуры безопасности на предприятиях ядерного цикла // Электрические станции. № 3. 2014.
- Машин В.А. Современные основы концепции культуры безопасности // Электрические станции. № 10. 2014.
- Машин В.А. Вопросы культуры безопасности на стадии строительства АЭС. 2015. В печати.

Спасибо за внимание

Машин Владимир Анатольевич

Старший специалист Обнинского Научно-исследовательского Центра «ПРОГНОЗ».

Кандидат психологических наук.

E-mail: mashin-va@mail.ru

WWW: http://mashinva.narod.ru/safety.html