

- //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 194. – С. 01042.
2. Созонов Н. А., Белобородов А. В., Теньковский Д. В. Горизонтальные факельные установки ООО «ТЮМЕННИИГИПРОГАЗ» // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – №. 7 (25).
  3. Naumkin A., Borisov B., Razva A. Study process of evaporation drop water-methanol solution with exposed high temperature //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2019. – Т. 2135. – №. 1. – С. 020041
  4. Гендугов В. М., Смирнов Н. Н., Тюренкова В. В. Решение задачи диффузионного горения капли с учетом нескольких независимых реакций //Физика горения и взрыва. – 2013. – Т. 49, №. 6. – С. 31-40.
  5. E. Ya. Gatapova, A. A. Semenov, D. V. Zaitsev, O. A. Kabov. Evaporation of a sessile water drop on heated surface with controlled wettability// Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects-2014.-Vol.441.-PP.776-785.

Ткаченко Артем Александрович (Россия)  
Свешников Иван Игоревич (Казахстан)  
Рыбалов Антон Вячеславович (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Агранович Виктория Борисовна,  
к. филос. н., доцент

## **КАТАСТРОФА НА ТРИ МАЙЛ АЙЛЕНД: ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И МАШИНОЙ**

### **Авария на атомной электростанции «Три Майл Айленд».**

По неустановленной причине сработали пневматические приводы всей арматуры на входе и выходе из фильтров конденсатоочистки. Поток теплоносителя второго контура оказался полностью перекрыт.

Из-за нагрева второго контура, уменьшился теплоотвод от первого контура, и в реакторе начался рост температуры и давления.

Для отведения тепла от реактора, задействовали аварийную систему подпитки воды в генераторы пара из баков запаса конденсата.

Затем сработала аварийная защита реактора, турбогенератор перестал работать, активировался электромагнитный клапан на КД, для сброса давления в реакторной установке.

Электромагнитный клапан КД, по неопределённой причине не вернулся в прежнее положение после снижения давления в ядерной установке. Вследствие чего первый контур постоянно терял теплоноситель с расходом около 50 м<sup>3</sup>/ч.

Уровень в компенсаторе объёма снижался, а давление в активной зоне опустилось ниже нормального значения. Из-за этого автоматически сработали насосы системы аварийного охлаждения реактора, качающие в первый контур воду под давлением для возмещения утечек.

Уровень воды стал стремительно расти в КД. Операторы не знали о протечке и решили, что дополнительное питание излишнее, поэтому один из насосов был выключен. Все это негативно сказалось на ситуации, а уровень давления продолжил падать, и теплоноситель в первом контуре перешёл в кипящее состояние.

Операторы столкнулись с противоречивыми показателями, которых не понимали. Давление падало, а уровень в компенсаторе давления возрастал. Это не было описано в эксплуатационной документации, тренировки в этих условиях не проводились.

Вода вытеснялась паром, которой образовывался в активной зоне, в КД. Это создавало иллюзию полного заполнения водой первого контура. Действие ГЦН стало ослабевать из-за перекачивания неоднородной пароводяной среды, плотность которой падала из-за кипения охлаждающей жидкости. Из-за сильных вибраций ГЦН операторы выключили ГЦНы. На этом этапе была потеряно более 1/3 теплоносителя первого контура.

Циркуляция первого контура остановилась, это вызвало разделение теплоносителя на пар и воду. Далее в ходе кипения и выброса теплоносителя через электромагнитный клапан количество воды в активной зоне продолжило снижаться и началось осушение стержней. По итогу температура ТВЭЛов превысила 1825°С, их оболочки из Циркалоя-4 начали плавиться. Образовавшаяся расплавленная смесь из топлива, стали и циркония стекала вниз и отвердевала на границе кипения жидкости.

Авария на АЭС получила большую огласку, и для определения её причин и последствий были проведены независимые расследования.

Термин «культура безопасности» тогда не был распространён, чтобы быть в обиходе атомной отрасли. Однако, вывод комиссии можно выразить так: недостаток культуры безопасности.

Почему не смогли обнаружить утечку через клапан компенсатора давления?

Указателя действительного положения запора клапана не было предусмотрено, на пеньяли управления была лишь лампа, которая свидетельствовала о наличии питания на приводе клапана, поэтому система сигнализировала, что клапан закрыт. (человеческий фактор – недостатки конструирования);

На компенсаторе объёма были датчики, которые могли установить уровень воды в контуре, в отличии от активной зоны. А в КД уровень возростал из-за вытеснения теплоносителя паром из активной зоны. (человеческий фактор – недостатки конструирования);

Неявные признаки, например, высокая температура в трубах после клапана и течь в барботажный бак не были приняты к сведению по той причине, что уже на протяжении большого промежутка времени, энергоблок действовал при течи через заслонку клапанного предохраняющего механизма превышающей допустимые значения и персонал решил, что высокая температура и протечки в бак конденсации, следствие данной течи (человеческий фактор – использование дефектного энергоблока);

Сигнала о росте радиации в воздухе гермооболочки не поступило, виной тому послужил порог срабатывания датчика, который возможно был неверно установлен. (человеческий фактор – некорректная настройка оборудования или ее дефект).

Никто точно не может сказать, что послужило точной причиной катастрофы, но, несомненно, можно говорить о том, что спутником аварии являлись факторы, а именно:

- Нарушение правил технической эксплуатации оборудования.
- Дефект запорной арматуры.
- Неверные действия сотрудников.

Вдобавок определённый вклад в дезориентацию управляющего персонала внесло несовершенство блочного щита управления. Было установлено, что существенной проблемой являлась логика работы и место расположения приборов и ключей на пульте управления. Ещё в первые минуты аварийная сигнализация выявила более ста проблем. Причём, данные не были ранжированы по приоритету. Устройство диагностики, могло отображать одну строку в четыре секунды, поэтому отстало от реальных событий на два часа. Повсеместно управляющие ключи и индикаторы были расположены иррационально, что заставляло операторов обходить панели управления в поисках нужного индикатора и терять на это время.

Проблема распределения функций между человеком и автоматикой. Автоматизированная система управления технологическим процессом.

Несколько десятилетий назад считалось, что люди обладают сомнительной надежностью, но в то же время способны поддерживать работоспособность в трудноформализуемых ситуациях, в отличие от автоматике. Современная автоматизированная система управления технологическим процессом может накапливать и глубоко анализировать огромные массивы данных, что в свою очередь даёт возможность перенести часть функций контроля и управления от человека к машине. Но в то же время это приводит к понижению причастности оператора к процессу управления, что отрицательно сказывается, когда от человека требуется принятие сложных и быстрых решений. В противовес принципу «преимущественных возможностей» появляется принцип «взаимодополняемости». Требуется обеспечить совместную деятельность человека и машины таким образом, чтобы происходило взаимоусиление их возможностей. Исключительная надежда возлагается на оператора в ситуациях, которые выходят за границы работы автоматике – сложные аномалии с наложением событий, критические аварии, задачи глобальной оптимизации работы АЭС. В это время объём знаний и количество факторов, которые необходимо учитывать в таких ситуациях, колоссальны, что ставит под угрозу поддержку интеллектуальной деятельности оператора.

Известны два способа такой поддержки:

1) Компьютерная имитация рассуждений человека, и выдача ему возможного решения. На этом подходе базируется большинство существующих систем поддержки операторов, основанных на принципах искусственного интеллекта.

2) Активация и ускорение мышления за счёт перевода части когнитивной деятельности на уровень восприятия. Этот способ состоит в проектировании таких визуальных образов, которые отображают не просто информацию, а некоторые операции её ментальной обработки, такие как сложение, сопоставление, сравнение, установление зависимостей и т.п. В нашей стране он называется «когнитивная графика», а в западных странах «экологический интерфейс».

Итак, в ходе расследования по делу Три Майл Айленд было признано, что персонал допустили череду ошибок, которые значительно ухудшили ситуацию. Причиной неверных действия стала перегрузка операторов информацией, в которой присутствовали данные, не относящиеся к происходящему, и просто неверные данные. После аварии были внесены изменения в систему подготовки персонала. До ката-

строфы основное внимание отводилось на умение оператора анализировать возникшую ситуацию и определять причину проблемы. После инцидента подготовка стала базироваться на выполнении оператором заранее прописанных технологических процедур. Также были модернизированы пульта управления и другое оборудование станции. На всех атомных станциях США были составлены планы действий на случай аварии, предусматривающие быстрое оповещение жителей в 10-мильной зоне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атомремонтсервіс // URL: <http://ars.atom.gov.ua/index.php/news/analiz-deystviy-personalaprivedshie-k-avarii-na-aes-tri-mayl-aylend-ssha-s-tochki-zreniya-sootvetstviya-printsipam-kulturyi-bezopasnosti/>
2. Wikipedia // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария\\_на\\_АЭС\\_Три-Майл-Айленд#Радиационное\\_воздействие\\_на\\_население\\_и\\_окружающую\\_среду](https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_на_АЭС_Три-Майл-Айленд#Радиационное_воздействие_на_население_и_окружающую_среду)
3. CyberLeninka // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-organizatsii-cheloveko-mashinnogo-interfeysa-asu-tp-aes/viewer>

Фан Куанг Мань (Вьетнам)

Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, г. Казань

Научный руководитель: Гумеров Фарид Мухамедович,  
д.т.н., профессор.

#### **КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ УСЛОВИЯХ**

Перспективным методом при очистке стоков является проведение процесса сверхкритического водного окисления (СКВО) с использованием различных катализаторов, в основном металлосодержащих. Особый интерес представляют Fe-содержащие катализаторы, которые обладают высокой активностью в окислительных реакциях, в отличие от Cu-содержащих катализаторов, имеющих относительно невысокую стоимость и низкую степень дезактивации и вымывания из носителя. При-