



Тяньваньская АЭС

Новый проект АЭС 91/99



С.В. Онуфриенко,
к.т.н., директор ФГУП СПб
«Атомэнергопроект»

Санкт-Петербургский институт «Атомэнергопроект» разработал новый проект АЭС-91/99. В основе нового проекта принята концепция АЭС с ВВЭР-1000/428.

К началу 2000 г. на энергоблоках атомных станций с ВВЭР-1000 наработано более 130 реакторо-лет и подтверждены основные технические характеристики, надежность и безопасность работы систем и оборудования.

С 1995 по 1999 годы проводились экспертизы МАГАТЭ по материалам проекта АЭС с ВВЭР-1000/428.

В настоящее время заканчивается строительство первых двух блоков Тяньваньской АЭС с ВВЭР-1000/428 в Китайской Народной Республике.

Технические экспертизы подтвердили, что проект АЭС-91/99 соответствует стандартам, принятым в мировой практике для систем безопасности и систем, важных для безопасности.

В проекте решены основные задачи, отвечающие современному уровню развития ядерной энергетики:

- достижение требований современных российских норм повышения показателей безопасности АЭС;
- учет международных тенденций повышения безопасности для АЭС большей мощности с реакторами типа PWR;
- максимальное использование апробированных опытом эксплуатации технологий и оборудования;
- повышение экономических показателей блока, снижение капиталовложений в строительство.

Энергоблок АЭС-91/99 предназначен для выработки электроэнергии в базовом режиме.

Основные технико-экономические показатели энергоблока

Общие параметры блока	Единица измерения	Величина параметра
1. Общие параметры		
1.1. Номинальная тепловая мощность реактора	МВт	3000
1.2. Номинальная электрическая мощность при температуре охлаждающей воды +18°C	МВт	1060
1.3. Коэффициент полезного действия блока (брутто) в гарантийном режиме	%	35,3
1.4. Эффективное число часов использования номинальной мощности	час/год	7900
1.5. Срок службы АЭС	лет	60
1.6. Сейсмостойкость		
1.6.1. Максимальное расчетное землетрясение	g	0,2
1.6.2. Проектное землетрясение	g	0,1
2. Основные параметры I контура		
2.1. Число петель I контура	шт.	4
2.2. Расход теплоносителя через реактор	м ³ /ч	86000
2.3. Температура теплоносителя на входе/выходе реактора	°C	291,0/321,0
2.4. Давление теплоносителя на выходе из реактора	МПа	15,7
3. Основные параметры II контура		
3.1. Номинальное давление пара на входе в турбину	МПа	5,88
3.2. Давление в конденсаторе при температуре охлаждающей воды 18°C	кПа	4,7
3.3. Расход охлаждающей воды через конденсатор	м ³ /час	170000
3.4. Номинальное напряжение генератора	кВ	24

Реакторная установка В-466, которая применяется в проекте АЭС-91/99, является дальнейшим усовершенствованием РУ с реакторами типа ВВЭР-1000 и разработана в соответствии с последними требованиями и достижениями атомной техники.

Повышение безопасности и улучшение технико-экономических показателей в проекте реакторной установки обеспечивается:

- улучшением ядерно-физических свойств активной зоны и конструкции ответственных узлов реактора (предполагается переход на уран-гадолиниевое топливо);
- обеспечением отрицательных коэффициентов реактивности по температуре теплоносителя, топлива и мощности реактора;

- вводом новых систем контроля и диагностики оборудования, трубопроводов первого контура и арматуры;
- возможностью снижения давления первого контура в запроектных авариях за счет введения дополнительной линии управления;
- применением съемной теплоизоляции блочного типа;
- реализацией концепции «течь перед разрушением» для трубопроводов реакторной установки.

В конструкции реактора РУ В-466, по сравнению с серийной реакторной установкой, учтены улучшения, использованные для проекта РУ В-428. Применены новые технические решения, которые позволяют увеличить проектный срок службы реактора до 60 лет.

К основным техническим решениям относятся:

- полностью новая программа образцов-свидетелей;
- ограничение содержания никеля в сварных швах;
- ограничение вредных примесей в основном металле и сварных швах;
- снижение Тко обечаек зоны патрубков до минус 35°C.

Активная зона состоит из 163 тепловыделяющих сборок (ТВС), в которых размещены поглощающие стержни системы управления и защиты. Проведены работы по усовершенствованию конструкции тепловыделяющих сборок с целью создания ТВС с повышенной стойкостью к деформации в процессе эксплуатации. Разработана конструкция ТВС-2 с жестким сварным каркасом в двух исполнениях: с 15 и 12 дистанционирующими решетками, которые приварены к циркониевым направляющим каналам.

ТВС-2 рассматривается как конструкция, по своим техническим характеристикам обеспечивающая возможность:

- достижения высоких выгораний – более 55 МВт*сут/кгU;
- работы в 4–5-летних топливных циклах;
- работы в удлиненных топливных кампаниях.

Это обеспечивает для АЭС определенную «гибкость» в выборе топливных загрузок.

Парогенератор выполнен на базе серийного парогенератора ПГВ-1000 с усовершенствованиями на основе опыта эксплуатации атомных станций с ВВЭР-1000.

Для повышения надежности работы теплообменных труб парогенератора наряду с доведением норм водно-химического режима второго контура до требований, предъявляемых к нему ведущими ядерными странами, разработан парогенератор ПГВ-1000М с увеличенным диаметром корпуса и разреженной коридорной компоновкой труб в теплообменном пучке, что позволяет:

- увеличить скорость циркуляции в трубном пучке, что уменьшит вероятность повреждения теплообменных труб из-за снижения скорости роста отложений на теплообменных трубах и концентрации коррозионно-активных примесей под ними;
- снизить возможность забивания межтрубного пространства отслоившимся шламом;
- облегчить доступ в межтрубное пространство для инспекции теплообменных труб и их очистки при необходимости;
- увеличить запас воды в парогенераторе;
- увеличить пространство под трубным пучком для облегчения удаления шлама.

Предусмотрены следующие системы безопасности, предназначенные для предотвращения или ограничения повреждения реакторной установки и локализации радиоактивных продуктов деления при авариях на АЭС, предусматривают:

- защитные,
- локализирующие,

- обеспечивающие,
- управляющие.

Концепция безопасности АЭС построена на активных системах безопасности, имеющих как нормальное электропитание, так и аварийное – от дизель-генераторов.

В качестве дополнительных технических средств по управлению тяжелыми авариями в проекте предусмотрены следующие системы:

- устройство удержания расплава в бетонной шахте реактора типа «тигель»;
- система подавления водорода в защитной оболочке;
- пассивная система отвода тепла от защитной оболочки.

Устройство удержания расплава в бетонной шахте реактора типа «тигель» обеспечивает защиту фундаментной плиты здания реактора от проплавления. Система использует пассивные принципы функционирования. Защиту фундаментной плиты и стен бетонной шахты реактора выполняют водоохлаждаемые теплообменники.

Вода в теплообменники и на поверхность расплава подается самотеком из шахты ревизии и топливного бассейна. Эти источники воды находятся в самом реакторном здании и доступны даже при полном обесточивании станции. Запас охлаждающей воды рассчитан на 24 часа работы без внешнего энергоснабжения и подачи охлаждающих сред. При восстановлении энергоснабжения организуется циркуляция воды с отводом тепла к конечному поглотителю.

Захлаживание расплава в ловушке обеспечивается отводом тепла к воде в теплообменниках. Кроме того, в ловушке размещен так называемый жертвенный материал (смесь легких оксидов Fe₂O₃ и Al₂O₃). Взаимодействие расплава с жертвенным материалом обеспечивает снижение температуры и плотности кориума, уменьшение тепловых потоков на стенке теплообменника и гарантированную подкритичность расплава, а также минимизирует выход из ловушки водорода и радиоактивных продуктов деления.

Проект устройства удержания расплава успешно прошел экспертизу российских и китайских надзорных органов, получил одобрение со стороны финских экспертов из компании Fortum Engineering и на специальной комиссии МАГАТЭ.

Устройство удержания расплава в бетонной шахте реактора впервые в мировой практике реализовано на Тяньваньской АЭС.

Система подавления водорода в защитной оболочке состоит из пассивных автокаталитических рекомбинаторов, предназначенных для подавления взрывоопасных концентраций водорода в помещениях контейнмента. На основе детальных расчетов всех процессов внутри реактора и в защитной оболочке было выполнено обоснование производительности и мест расстановки рекомбинаторов с тем, чтобы обеспечить водородную безопасность для всех учитываемых в проекте аварийных режимов.

Расположение источников водорода определялось заранее в результате большого объема работ по анализу внутриреакторных и контейнментных процессов, процессов в устройстве удержания расплава топлива и прочности оборудования. Для расчета распространения водорода по помещениям контейнмента использовались компьютерные программы КУПОЛ-М и SRP. Процессы горения и детонации водорода моделировались с помощью программ CREBCOM.

Пассивная система отвода тепла от защитной оболочки обеспечивает защиту контейнмента от превышения расчетного

давления на поздних стадиях аварий с тяжелым повреждением активной зоны. Система состоит из пассивного конденсатора, размещенного внутри защитной оболочки, промежуточного водяного контура и внешнего теплообменника отвода тепла к конечному поглотителю – окружающему воздуху. Система удовлетворяет требованиям европейских производителей энергии EUR, состоит из пассивных элементов и обеспечивает практически бесконечный отвод тепла от контейнента в условиях полного обесточивания энергоблока.

Обоснование системы выполнено с использованием компьютерных программ КУПОЛ-М и SRP.

Функцию двойной защитной оболочки реактора выполняет контеймент. Внутренняя герметичная оболочка представляет собой цилиндрическую конструкцию из предварительно напряженного железобетона с полусферическим куполом и плитой основания из железобетона. Внутренняя поверхность герметичной оболочки покрыта сварной облицовкой из углеродистой стали для обеспечения герметичности.

Наружная защитная оболочка представляет собой цилиндрическую конструкцию из железобетона с полусферическим куполом. Расчетная величина протечки через внутреннюю герметичную оболочку постулированной аварии составляет не более 0,2% от свободного объема герметичной оболочки в течение 24 часов.

В проекте АЭС-91/99 исключаются физические явления, связанные с тяжелыми авариями, которые могут угрожать целостности контейнента, а именно:

- паровой взрыв в корпусе реактора;
- детонация водорода;
- повторная критичность активной зоны или расплава;
- паровые взрывы за пределами корпуса реактора;
- прямой нагрев контейнента;
- летящие предметы;
- воздействие расплава на пол и стены подреакторного помещения.

Система контроля и управления АЭС (СКУ АЭС) предназначена для контроля и управления основными и вспомогательными технологическими процессами и обеспечения безопасности во

всех режимах работы энергоблока, при нарушениях нормальной эксплуатации и авариях.

СКУ АЭС имеет трехуровневую иерархическую структуру:

- нижний уровень (уровень контроля, управления и защиты);
- блочный уровень, реализующий информационные, управляющие и расчетные задачи и архивирование данных, касающихся энергоблока в целом;
- станционный уровень, реализующий общие для всех энергоблоков АЭС функции, контроль и управление общественными системами.

Концепция трехуровневой иерархии реализуется в виде «информационной пирамиды», в которой максимум информации обрабатывается на более низких уровнях, а на более высокие уровни она передается в агрегированном виде, что позволяет обеспечить оптимальное распределение выполняемых системой функций автоматизации.

В СКУ систем безопасности используется принцип интеграции в единой системе функций защиты реактора и управления технологическими системами безопасности. В соответствии с технологическим разделением, управляющие системы безопасности имеют четырехканальную структуру.

Принцип разнообразия реализуется посредством функционального и технического разнообразия. Применение диверситетного подканала, построенного на традиционных средствах системы контроля уровня с «жесткой логикой», позволило резко снизить вероятность отказа программного обеспечения.

СКУ нормальной эксплуатации и СКУ важной для безопасности состоят из технических средств, выполняющих функции автоматизации основного технологического процесса, и специализированных подсистем СКУ, выполняющих локальные задачи автоматизации, а также информационно-диагностических функций. Интеграция всех подсистем СКУ в единую систему контроля и управления станции осуществляется путем применения высокопроизводительных сетевых средств.

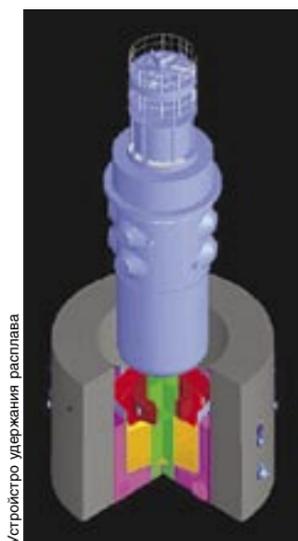
Радиационная защита базируется на критериях радиационной безопасности, содержащихся в нормативно-технической документации действующей в России, и рекомендациях МАГАТЭ.

Для обеспечения высокого уровня радиационной безопасности АЭС реализованы целевые эксплуатационные пределы доз облучения персонала и населения. Значения годовых эксплуатационных пределов меньше принятых в нормах и правилах России и рекомендациях МАГАТЭ по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при нормальной работе и авариях:

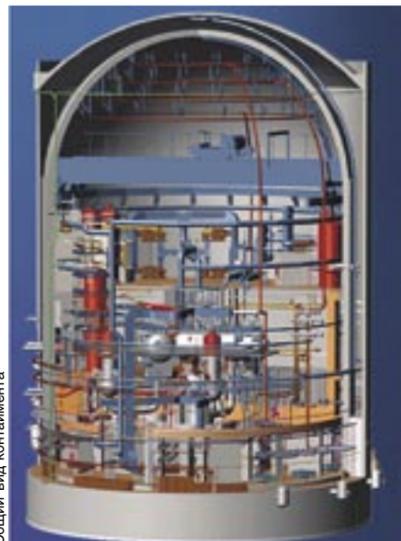
- индивидуальной эффективной дозы облучения персонала (5 мЗв/год) – в 4 раза меньше годового предела, а среднегодовой эксплуатационный предел дозы (2 мЗв/год) – в 10 раз меньше;
- индивидуальной эффективной дозы облучения населения (10 мЗв/год) – в 100 раз меньше среднегодового предела дозы;
- коллективной дозы облучения (0,5 мЗв/год) – для планово-предупредительного ремонта (разборка-сборка и перегрузка топлива) и работе АЭС на средней мощности за весь срок эксплуатации АЭС.

Радиационное воздействие на население при эксплуатационных нарушениях, вызванных отказами или ошибками управления, ограничено и снижено системами контроля и системами обращения с отходами станции до контрольных уровней, установленных в проекте. В связи с этим ожидаемые эксплуатационные нарушения не приводят к превышению предельных индивидуальных доз для населения, отвечающих требованиям для нормальной эксплуатации.

Все вышесказанное подтверждает, что проект АЭС-91/99 соответствует современным отечественным и международным требованиям. Разработанная для Тяньваньской АЭС комплектная документация по всем стадиям проекта может быть применена для сооружения энергоблока ВВЭР-1000 в России и за рубежом. Использование имеющейся проектной документации, а также ставшего практически серийным оборудования, разработанного для ТАЭС, позволит значительно сократить стоимость и сроки сооружения такого энергоблока. Реализация проекта АЭС-91/99 в России в полном или частичном объеме (в зависимости от степени готовности начаты строительства энергоблоков с ВВЭР-1000) в условиях ограниченного финансирования концерном «Росэнергоатом» сделает более достижимыми задачи по увеличению установленной мощности АЭС в соответствии с утвержденной Правительством «Стратегией развития атомной энергетики России».



Устройство удержания расплава



Общий вид контейнента



Блочный центр управления

V Международная специализированная выставка

**АТОМНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

26–29 СЕНТЯБРЯ

2005

Санкт-Петербург

Выставочный комплекс
ЛЕНЭКСПО в Гавани

РЕСТЭК
ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
15 ЛЕТ С ВАМИ!

Оргкомитет выставки

Петрозаводская ул., 12

Тел.: (812) 320-8091,

Факс: (812) 320-8090

E-mail: minerals@restec.ru

Internet: www.restec.ru

VIII Международная конференция

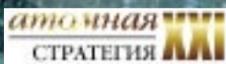
"Безопасность ядерных технологий:
экономика безопасности и обращение
с источниками ионизирующих излучений"

26–30 СЕНТЯБРЯ

ОРГАНИЗАТОРЫ:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ; АДМИНИСТРАЦИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА;
ФГУП "ГИ "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ";
ГУП НПО "РАДИЕВЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. В.Г. ХЛОПИНА"; ФГУП "АВАРИЙНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР"; ВО "ИЗОТОП"; ФГУП "ВНИИХТ";
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР; ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "РЕСТЭК"

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА :



Смокинг для урана

На 3-й сессии международного форума «Энергетика и геополитика» (г. Ницца) один из руководителей проекта ИТЭР Паскаль Гарен сообщил, что Евросоюз принял решение о строительстве в Кадараше (Франция) первого международного исследовательского термоядерного экспериментально-реактора (ИТЭР), основанного на принципе инерционного удержания термоядерной плазмы.

Как известно, в международной коалиции по строительству ИТЭРа шесть членов — Евросоюз, США, Россия, Канада, Китай и Южная Корея. Наша страна поставляет для ИТЭР сверхпроводящие кабели, материалы для первой стенки, гиротрон для инъекции и др. Время запуска термоядерных электростанций в промышленную эксплуатацию — 2050 год. На смену эпохе атомных станций, основанных на реакции ядерного распада, придут реакторы термоядерного синтеза. Но это — будущее. Сегодня в 30 странах мира работает 442 ядерных энергоблока, которые производят 2524 млрд кВт·ч электроэнергии, что составляет более 16% всего производимого электричества. В стадии строительства находятся 27 АЭС (из них 18 — в странах Азии). АЭС — основные потребители особо чистого циркония (Zr), сплавы на основе которого идут на изготовление конструкционных материалов для ядерной энергетики — служат оболочкой для урановых стержней.

Кое-что о материале

(Свойства, происхождение, методы получения, применение и будущие перспективы).

Цирконий, в отличие от других металлов, легко пропускает тепловые нейтроны (обладает «нейтронной прозрачностью») и поэтому служит «одеждой» для другого, не менее важного металла атомной энергетики — урана. Следует заметить, что хотя цирконий и относится к группе редких металлов, на самом деле, входит в первую треть всех элементов Солнечной системы, а по распространенности в природе занимает двенадцатое место среди металлов. Редким цирконий называют исключительно из-за крайней рассеянности его в земной коре и сложности извлечения. Природных соединений циркония насчитывается более сорока. Наибольшее промышленное значение имеют: бадделит и циркон. Другие модификации минералов циркония: сложные цирконосиликаты — эвдиалит, ловскит, эвколит и т.п.

Рудой циркония часто служат и прибрежные пески (цирконовые россыпи в Австралии вдоль океанского побережья). Растворимые соединения циркония находятся в водах источников Агуа ди Прата (Бразилия), Саратога (штат Нью-Йорк), Тайвань, Камчатка. Цирконий в малых количествах содержится в почвах и в глинах, но так как растворимость циркониевых минералов очень низка, их присутствие в почве не влияет на рост растений. Цирконий в виде примеси содержится в очень многих минералах (титанаты, ниобаты, танталониобиты, редкоземельные силикаты и др.).

Россия располагает значительными запасами цирконового сырья (различные районы Урала, Сибири, Кольский полуостров, щелочные граниты Улуг-Танзекского и Катугинского месторождений). Самые мощные из разведанных месторождений циркона и бадделита находятся в США, Австралии (вблизи залива Байрона), Бразилии, Индии (в Траванкоре), Западной Африке. Значительными запасами данного сырья располагает Украина (Донецкая область (под Волновахой), Днепрпетровская область (ст. Пятихатки) и др.).

Легендарное происхождение

Пришел в атомную технику цирконий не сразу. Два века тому назад окисел циркония был выделен из минерала циркон. С этим минералом связано много древних легенд. Более трех тысяч лет назад, на острове Цейлон, этот минерал использовался в качестве ...несовершенного алмаза и шел на изготовление женских и мужских украшений! Блестя-

щие камни носили название «матарские алмазы», так как источником их месторождения был один из районов Цейлона — Матара. От истинных алмазов, «матарские» отличались меньшей твердостью и несколько худшей игрой цвета после огранки. Матарский алмаз с целой палитрой красок (от бесцветного и золотисто-желтого оттенка до розового и кроваво-красного) был не что иное, как минерал циркон, содержащий монокристаллы циркония. Алмазы кроваво-красного цвета назывались в то время гиацинтами (по имени эпического героя Гиацинта, погибшего на спортивных состязаниях, кровь которого бог Аполлон превратил в самоцветы). В древности гиацинты носили на груди первосвященники, считавшие, что красный цвет защищает их от злых духов, болезней и помогает переносить трудности и лишения. Путешественники использовали красный камень в качестве амулета, помогающего утолять жажду и защищающего от ядов. Средневековые врачи прописывали гиацинт как средство от кручины и депрессии, а так же для просветления разума, лечили им нервные болезни, галлюцинации, расстройство сна, и даже пытались гиацинтом «воскрешать из мертвых». В Индии этим камнем старались умиротворить дракона (индийское название минерала — «рахуратка»).

В науке существует несколько версий по поводу того, кто дал современное имя «несовершенному алмазу». По одним источникам, нынешним названием полудрагоценный цейлонский алмаз обязан немецкому ученому Брюкнеру, который нарек его в 1778 году арабским словом «заркун», что значит «минерал». По другим, первооткрывателем циркона считается химик Вернер (1783 г.), давший минералу имя «царгун» от двух персидских слов «цар» — золото и «гун» — цвет. Третьи источники утверждают, что циркон — это видоизмененное от простонародного «жаргон» — «обманщик», то есть «ненастоящий алмаз». Как бы то ни было, но официально в научных трудах минерал циркон стал упоминаться в восьмидесяти годах XVIII века. Немецкий химик, член Берлинской Академии наук Мартин Генрих Клапрот подверг камень лабораторному исследованию: сплавил цейлонский минерал с едким натром в растворе, полученном после обработки сплава соляной кислотой. И то, что выделилось в ходе этих исследований, он назвал цирконовой землей — terra zirconia. Данное вещество представляло собой окисел нового элемента, которому вскоре было суждено занять в таблице великого русского ученого Д.И. Менделеева сороковую клетку. Итак, Мартин Генрих Клапрот стал первым ученым, выделившим из минерала циркон вещество диоксид циркония. Формула этого вещества: ZrO_2 . По данным проведенных анализов оказалось, что циркон содержит в себе более 68% оксида циркония.

Средний состав циркона (% по массе):	
ZrO ₂	66–68
Hf.....	1–3
SiO ₂	32–33
Al ₂ O ₃	0,2–0,8
Fe ₂ O ₃	0,03–0,08
TiO ₂	0,08–0,1
U ₃ O ₈	0,02–0,03
P ₂ O ₅	0,1
Оксиды РЗЭ.....	0,5–0,6

Результаты лабораторных исследований Клапрот опубликовал в 1789 году: присутствие нового элемента в цирконовом минерале было обнаружено и научно обосновано. В результате последующих исследований. Клапрот установил идентичность гиацинта и цирконита с минералом цирконом. Всего шаг оставался до получения металлического циркония. Но этот шаг растянулся на целых тридцать пять лет. Попытки получить металлический цирконий осуществляли разные ученые: Тромсдорф (восстановление оксида циркония химическим методом), Деви (электролитический ме-

тод получения металлического циркония) и т.п. И только в 1824 г., шведский химик Йенс Якоб Берцелиус, путем восстановления фторцирконата калия металлическим натрием, получил серебристо-серый металл. Берцелиус прокалывал смесь металлического калия и фторцирконата калия в железной запаянной трубке, помещенной в тигель из платины. Затем продукт подвергался промывке и просушке. Полученный в ходе реакции восстановления металл ученый назвал цирконием. Но «цирконий Берцелиуса» оказался очень хрупким, так как содержал значительное количество примесей, не имел металлического блеска и не поддавался механической обработке. Металлу требовалась дополнительная очистка от примесей. Эксперименты по получению чистого пластичного циркония долгое время не давали положительных результатов (пластичный цирконий пытались получить и путем извлечения циркония из его солей, и алюмотермическим методом). Оказалось, что металл Zr обладает высоким химическим сродством к кислороду, и это отрицательно влияет на его механические свойства. Да и при плавке циркония в тиглях из огнеупорных материалов в него неизбежно вносились загрязняющие примеси. Удалить кислород из циркония было очень сложной задачей (даже с помощью вакуумирования кислород из циркония не удалялся). Много позднее очищать цирконий от кислорода научились, нагревая его в расплавленном кальции или в парах кальция. И лишь восемьдесят лет спустя, ученые Вейс и Нейман предположили, что если продукты реакции, полученные по методу Берцелиуса сначала промыть абсолютным спиртом (вместо воды), а затем разбавленной кислотой, то чистота циркония достигнет 98%.



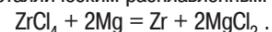
Изделия из сплавов циркония

В 1914 г. немецкие исследователи Лили и Гамбургер выделили довольно чистый от примесей цирконий, восстановив натрием в специальном автоклаве-бомбе дважды возогнаный тетрагидрохлорид циркония. Через сто лет после опытов Берцелиуса (1925 г.) был разработан первый промышленный способ получения циркония: метод «наращивания». Суть метода заключалась в следующем: летучее соединение (тетрагидрид циркония) подвергалось термическому распаду в вакууме и в результате на раскаленной нити вольфрама откладывался чистый металл. Отцами этого метода стали голландские ученые А.Е. Ван-Аркель и Д.Н. де Бур. Благодаря их открытию научный мир получил пластичный металлический цирконий, поддающийся механической обработке — ковке, вальцовке, прокатке. Образцы циркония теперь можно было прокатывать в тонкие листы, проволоку, фольгу и т.п. Но метод «наращивания» был слишком дорогим. Усовершенствовал и удешевил процесс получения циркония немецкий химик В. Кроль. В последствии его имя легло в название данного метода (ме-



Эвелина Цегельник
Инженер ОАО «Чепецкий
механический завод», г. Глазов

тод Кроля). Цирконий по данной технологии получался при вдвое меньших затратах, чем по методу наращивания. Схема производства металлического циркония по методу В. Кроля включала в себя две основные стадии: хлорирование двуоксида циркония в четыреххлористый цирконий и последующее восстановление полученного продукта металлическим магнием под слоем расплавленного металла в металлическую губку. Полученная в ходе процесса восстановления циркониевая губка затем переплавлялась в прутки. Метод Кроля получил широкое признание. В 1945 году в США началось промышленное производство металлического циркония по технологии В. Кроля (впервые было получено 9,5 кг чистого пластичного циркония). Позднее метод Кроля американцы переименовали в хлоридную технологию, так как в основе ее лежала реакция восстановления тетрагидрида циркония металлическим расплавленным магнием:



В 1959 году США произвели 1370 тонн очищенной циркониевой губки. А в начале 70-х годов в США уже функционировали четыре подобных завода, которые выпускали свыше 2000 тонн металла в год. В США методом Кроля металлический губчатый цирконий производили вплоть до 80-х годов (по этой технологии работала большая часть заводов США, Франции и Японии). Но данный метод был весьма трудоемок: от начального процесса вскрытия циркона до получения слитков циркония требовалось 23 этапа и 17 различных технологических аппаратов. В 90-х годах на заводах США и Франции процесс хлорирования смеси циркона и углерода при производстве губчатого циркония стали проводить в реакторах с псевдоожиженным слоем. К началу 90-х годов основные заводы по производству циркониевой губки нарабатывали:

США.....	3000 т/год
Франция.....	1600 т/год
Япония.....	360 т/год

Основные заказчики

Куда же направлялся производимый цирконий? Во-первых, в черную металлургию. Черная металлургия использовала его в качестве поглотителя, раскислителя (здесь цирконий превосходит титан и марганец), в качестве дезотригатора (в производстве оружейных и жаропрочных сталей), в качестве легирующего элемента. Добавка циркония в сталь увеличивает ее пластичность, уменьшает содержание газов и серы, придает хорошую сопротивляемость ударным нагрузкам (при изготовлении броневых плит). Сталь, легированную цирконием, можно безболезненно нагревать до достаточно высоких температур, не опасаясь перегрева. Другими словами, цирконий улучшает многие свойства стали: обрабатываемость, прокаливаемость, свариваемость, благоприятно влияет на жидкотекучесть стали, измеляет содержащиеся в ней сульфиды, делает структуру металла мелкозернистой.

Другой потребитель циркония – цветная металлургия. Незначительные добавки циркония повышают теплостойкость алюминиевых сплавов, их прочность, пластичность, сопротивление коррозии. Легирование цирконием магниевых сплавов делает последние более коррозионно-устойчивыми. При добавке циркония в титан повышается его стойкость к действию кислот (так например, коррозионная стойкость сплава титана с 14% Zr в 5%-ной соляной кислоте при 100°C в семьдесят раз больше, чем у технически чистого титана). Примесь небольшого количества циркония в молибдене (до 5%) удваивает его твердость. Такие свойства циркония, как высокая газопоглощаемость и инертность в средах при различных температурах позволяют использовать его как легирующую добавку в сплавах цветных металлов: никеля, меди и т.п. (что резко увеличивает их прочность, почти не снижая электропроводности). В химической и нефтеперерабатывающей промышленности сплавы на основе циркония используют для изготовления оборудования, работающего в коррозионных средах (производство уксусной, фосфорной, хромовой кислот). Высокая коррозионная стойкость и прочность циркония позволяют использовать его как материал для изготовления фильера для легкой промышленности (производство искусственного волокна), катализаторов (автомобильная и химическая промышленности), медицинского (хирургический инструмент, кровоостанавливающие зажимы, пластины остеосинтеза, нити и иглы для наложения швов, имплантанты) и лабораторного оборудования, горячей арматуры и много другого.

Широкое применение в промышленности нашли и оксиды циркония. Значительное количество диоксида циркония идет на производство керамики, фарфора и стекла. Цирконовые огнеупоры служат в три раза дольше обычных. Цирконовые кирпичи в производстве алюминия потеснили шамот, так как не смачиваются расплавленным алюминием, и не образуют на своей поверхности наросты шлака (одной из первых стран, широко внедрившей цирконовые огнеупоры в металлургии стала Япония, позднее к ней присоединились США и Россия). Техническая керамика из порошков на основе частично стабилизированного диоксида циркония обладает уникальными свойствами: высокой прочностью, твердостью, исключительной термостойкостью и износостойкостью (стабилизирующие добавки: оксид кальция, оксид алюминия, оксид иттрия). Стабилизированный диоксид циркония получают путем совместного осаждения гидроксидов циркония и стабилизатора распылением в раствор аммиака с последующим прокаливанием гидроксида циркония. После стабилизации из диоксида циркония получают особо прочные керамические изделия специального назначения: насосы (для нефтяной промышленности), специальные огнеупоры, мелющие тела (шары в шаровых мельницах для размолла высокочистых продуктов), твердые электролиты пробирочного типа для электрохимических генераторов тока и датчиков анализатора кислорода; изоляторы для различных печей, наконецники термомпар; комплекты защиты струйных мельниц; сопла газовых горелок; пластины для футеровки циклонов и мельниц; тигли; ог-

неупорные шайбы и втулки и т.п. Ученые постоянно открывают новые сферы применения циркониевой керамики. К примеру, было установлено, что если металлические пластины в обычном аккумуляторе заменить циркониевыми, а вместо кислоты использовать керамику, то качественные характеристики такого аккумулятора резко повышаются. Диоксид циркония выпускается компаниями США, России, Японии, Франции, Италии, Австралии, ЮАР, Норвегии и Китая. Крупнейший производитель диоксида циркония – США.

Высоким спросом в химическом и металлургическом производствах пользуются и соединения циркония: хлорид циркония; карбонат циркония основной; цирконий сернокислый основной. Соли циркония находят применение в кожевенной и текстильной промышленности, используются для специальной водоотталкивающей пропитки тканей, бумаги, картона. В полиграфии соединения циркония используются для приготовления типографских красок. В парфюмерии – для производства дезодорантов (оксихлорид циркония). В сельском хозяйстве применяются удобрения на основе циркония (на 20% повышают урожайность полей). В ювелирной промышленности из циркония изготавливают кольца, браслеты, серьги, заколки, колые и т.п. Из циркония также делают спортивные кубки, медали, значки, столовые приборы и посуду. Отлитые из циркония колокола звучат чисто и глубоко. В электронике и электротехнике цирконий используется в качестве геттероматериала и идет для производства электродов. Кажется, нет ни одной области жизнедеятельности человека, где бы цирконий не зарекомендовал себя с положительной стороны. И все же главным потребителем циркония остается атомная энергетика. Благодаря своим уникальным свойствам – нейтронной прозрачности, прочности и высокой коррозионной стойкости – цирконий незаменимый конструкционный материал для атомных реакторов электростанций и ядерных установок морского флота. Как уже упоминалось выше, цирконий служит своеобразной «одеждой для урана», а сшивать такую «одежду» помогает точная электронно-лучевая сварка. Цирконий обладает малым сечением захвата тепловых нейтронов (то есть способностью материала задерживать, поглощать нейтроны и тем самым препятствовать распространению цепной реакции). Как известно из курса физики, величина сечения захвата нейтронов измеряется в барнах. У чистого металлического циркония она равна 0,18 барна (одно из минимальных сечений захвата), поэтому в сочетании с высокой коррозионной стойкостью и прочностью цирконий – идеальный материал для реакционной зоны ядерного реактора.

Как цирконий вошел в атомную энергетику?

Первый реактор из циркония был установлен на американской подводной лодке «Наутилус». Из циркония на «Наутилусе» были выполнены абсолютно все стационарные детали активной зоны реактора. Позднее американские ученые выяснили, что из циркония выгоднее делать оболочки топливных элементов, а не стационарные детали активной зоны реактора. Одна из главных проблем при-

менения циркония в ядерной энергетике – очистка циркония от примеси гафния (присутствие даже 1,5% которой в двадцать раз повышает сечение захвата нейтронов циркония). Операции разделения циркония и гафния значительно удорожают цирконий, но совместное присутствие циркония и гафния делает материал абсолютно не пригодным для атомной энергетике. Для их разделения применяется многоступенчатая очистка. В США с 80-х годов в процессе разделения циркония и гафния применялась экстракционная дистилляция, в Японии – аминная экстракция. В начале 90-х годов Япония разработала процесс получения циркониевой губки, основанный на возгонке с фракционной неполной конденсацией, при этом концентрация гафния в губке циркония снижалась до 0,008% (Hf был выделен из циркония хлорированием и возгонкой).

Адреса атомных кутюрье

В России проблемой получения особо чистого циркония первым занялся специализированный институт ГИРЕДМЕТ (30-е годы XX века). Институт проводил опытные работы по извлечению циркония из цирконового минерала – эвдиалита, обнаруженного на Кольском полуострове (технологии его переработки разработал русский профессор И.Я. Башилов). Из эвдиалита сначала получали пиррофосфат, а затем диоксид циркония. В 40-х годах группой ученых под руководством русского академика Н.П. Сажина были разработаны российские технологии вскрытия цирконового концентрата (путем спекания цирконового концентрата с мелом и путем хлорирования). Позднее, в начале 50-х годов, ГИРЕДМЕТ провел работы по электролитическому получению порошка циркония из гексафторцироната калия, которые в дальнейшем были расширены на Подольском опытном заводе. Практически одновременно первый электролитический цирконий был получен в США под руководством М. Штейнберга в электролизере объемом 100 л. В этот же период времени параллельно в других лабораториях США шли интенсивные работы по металлотермическому восстановлению циркония из двуокиси циркония металлическим кальцием. Тогда же в 50-х годах российскими учеными были получены первые партии циркониевых прутков (методом термической диссоциации йодида циркония).

В 60-х годах, в связи с необходимостью развития атомной энергетике, в России возрос интерес к исследованиям по разработке и созданию технологии производства ядерно чистого металлического циркония. Все известные способы получения циркония из его соединений были опробованы в масштабах лабораторий, и предстояло уже на стадии опытного и полупромышленного производства оценить их эффективность, качество и безопасность.

В 1953 г. в СССР в Научно-исследовательском институте «ГИРЕДМЕТ» методом электролиза был получен «русский» пластичный цирконий. Затем успех «ГИРЕДМЕТА» повторил ВНИИМ. Началась «русская эпоха» победного шествия нового конструкционного материала для ядерной энергетике. Но в России не было ни од-

Освоение производства циркония в России

В России исследовались два метода получения порошка циркония: кальцийтермический (путем восстановления двуокиси циркония) и электролитический (через электролиз солей фторцироната калия и хлористого калия). Первоначально в основу технологии производства циркония была заложена схема кальцийтермического получения порошка циркония. Но в ходе монтажа оборудования под кальцийтермическую технологию выяснилась пожароопасность данного процесса. Дело в том, что любой металлотермический процесс, проводимый при температуре, меньшей температуры плавления металла, ведет к получению пожароопасного порошка крупностью менее 15 микрон, загрязненного большим количеством примесей. Порошок, полученный посредством электролиза солей, оказался более крупным и менее пожароопасным. В это время во ВНИИМ полным ходом шла разработка аппарата и технологии йодидного рафинирования циркония от газовых и ряда других примесей, которая позволяла впоследствии получать пластичный цирконий для сплавов, используемых в реакторостроении. Электролитический порошок более подходил для данной технологии. Поэтому Россия приступила к освоению технологии электролиза. Первый электролизер представлял собой обыкновенный двухкубовый бак с рубашками охлаждения через ребра. Неохлаждаемые катоды при контакте с воздухом разрушались, и это влекло за собой загрязнение порошка продуктами окисления. Кроме того, имелись случаи прогаров корпуса электролизера с течью расплавленного электролита. Помимо всего, это еще был и тяжелый физический труд в условиях высокой температуры. Человек находился один на один с расплавом. В течение смены в метре от расплавленного электролита с температурой около 800°C необходимо было вручную снять и обжать с каждой ванны по 4 катоды массой до 40 кг (вместе с «грушей» катодного осадка), вычерпать 100 кг электролита и загрузить 300 кг солей. Для съема «груши» катодного осадка рабочему приходилось облачаться в тяжелую спецодежду: суконный костюм, асбестовый фартук, асбестовые нарукавники, защитный козырек из пластика, суконные валенки (позднее – тяжелые ботинки из свиной кожи). Процесс съема проходил в течение 20 минут, затем 1,5–2 часа уходило на восстановление: рабочий снимал тяжелую одежду, принимал душ, «остывал» от жара ванны, восстанавливал водный баланс внутри организма. Повторять эту процедуру приходилось до 4 раз за смену. Несмотря на огромные физические затраты, качество электролитного продукта продолжало желать лучшего: в открытых электролизерах металл получался некондиционным (порошок циркония был насыщен кислородом и азотом). Выплавляемый из такого порошка металл был твердым, с большим количеством примесей. Такой продукт нельзя было применять для последующего изготовления сплавов циркония, предназначенных для реакторостроения. Ядерной энергетике требовался пластичный особо чистый цирконий (пластичный, ковкий металл чистотой 99,8% получался только с использованием защитной атмосферы аргона).

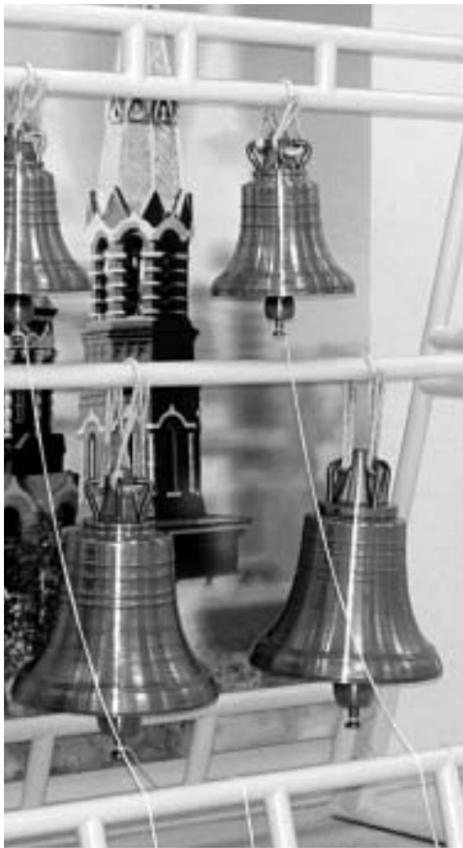
Перед российскими учеными и конструкторами была поставлена цель – разработать оборудование под схему получения порошка циркония реакторной чистоты, напрямую, без доочистки. И такое оборудование было создано. Конструкторы ВНИИМ Иван Никитич Галкин, Наталья Петровна Балан, Игорь Николаевич Нижник после нескольких экспериментальных вариантов в качестве опытного образца предложили модель герметичного гарнисажного электролизера с вращающимся катодным валом. Ведение процесса в таком электролизере предусматривалось в атмосфере анодных газов (смесь хлора с фреонами). Охлаждение катодного осадка – в атмосфере аргона. Полученный порошок был близок по качеству йодидному цирконию. Совпадение результатов было постоянным, что указывало на их достоверность. На основе этих работ были выданы рекомендации по созданию опытно-промышленных установок. Производительность закрытого электролизера составляла на первом этапе 60 кг в сутки (после усовершенствования и отработки технологии – 90 кг в сутки, в настоящее время – 130 кг в сутки). Но при запуске герметичных электролизеров разработчики столкнулись со многими трудностями: летели муфты, трещали хомуты катодных валов, рвались лотки, прогорали рубашки охлаждения различных узлов электролизера, из-за чего вода попадала внутрь электролизера и вызывала «хлопки». Необходимо было добиться, чтобы все механизмы электролизера работали идеально, и катодный осадок находился в атмосфере анодных газов как можно меньше. Конструкция электролизера оттачивалась и совершенствовалась на протяжении всего периода, вплоть до сегодняшних дней. Применяемая в настоящее время электролитная ванна имеет прямоугольную форму со стенками из нержавеющей стали. Для охлаждения корпуса ванны используют водоохлаждаемые «рубашки». На внутренних стенках ванны образуется гарнисаж застывшего электролита, предохраняющий корпус ванны от коррозии и прогорания, а расплав – от загрязнения продуктами коррозии корпуса электролизера. Электролизер выполнен из нержавеющей стали с двойными стенками, охлаждаемыми водой. Сверху в ванну введены восемь графитовых анодов, с торца электролизера – вал, на котором установлено два катода. Чтобы предотвратить их прогорание, катодный вал охлаждается водой, сами катоды – воздушно-воздушной смесью, а шейки катодов защищены специальным сплавом. Надо сказать, что до сих пор ОАО «Чепецкий механический завод» (г. Глазов) является единственным в мире предприятием, получающим порошок циркония через электролиз, ни одной стране мира так и не удалось разработать у себя подобную технологию. Сегодня здесь внедряется уникальная технология производства циркониевой губки ядерной чистоты путем магнийтермического восстановления (производство циркониевой губки – это экономически выгодный, менее энергоемкий и относительно быстрый процесс). От французского способа российский способ получения губчатого циркония отличается методом хлорирования и способом очистки полученного тетрагидрида циркония. Французская фирма «CEZUS» хлорирование производит в псевдооживленном слое шихты, а российское предприятие ОАО ЧМЗ путем хлорирования в расплаве. В качестве варианта очистки тетрагидрида циркония от простых примесей (Fe, Al, Ti, Ni, Cr и т.п.), в отличие от французской водородной очистки, российские ученые разработали метод солевой очистки в расплаве солей. Далее по технологической схеме «русский» процесс получения губки от французского принципиально не отличается. Согласно предлагаемой технологической схеме цирконий-содержащую руду подвергают хлорированию, затем полученный тетрагидрид циркония очищают от гафния методом экстрактивной ректификации в ректификационной колонне и, наконец, с помощью магнийтермического восстановления и вакуумной сепарации получают металлическую губку циркония. Готовый продукт – губчатый цирконий – имеет технические характеристики, соответствующие требованиям мировых стандартов качества. Россия сегодня может достойно соперничать с другими странами-производителями по качеству выпускаемой продукции для АЭС (содержание примеси гафния в сплавах циркония в три раза ниже нормы, обозначенной требованиями международного стандарта ASTM).



Керамика из диоксида циркония



Дробленая губка циркония



Колокола из сплавов циркония



Бижутерия из сплавов циркония (браслет)

ного специализированного предприятия-производителя циркония. Необходимо было в короткие сроки организовать производство полного цикла получения циркония в России. Этим предприятием суждено было стать малоизвестному патронному заводу, затерянному где-то на севере Удмуртской Республики, в тысяче километров от Москвы (ныне ОАО «Чепецкий механический за-

вод» (ОАО ЧМЗ, г. Глазов)). Всего несколько стран в мире владеют завершённым циклом изготовления циркониевых изделий: США, Канада, Франция, Япония и Россия.

В мире растущей глобализации ядерная энергетика остается главным фактором развития экономики. Но мировые проблемы, связанные с переработкой и захоронением радиоактивных отходов атомных станций, а также с обеспечением безопасности всех циклов использования атомной энергии уже сегодня вынуждают многие страны вводить мораторий на расширение ядерной энергетике (Германия, Бельгия, Нидерланды и Швеция). Основная опасность объектов использования атомной энергии – в возможности террористических актов и техногенных аварий, при которых могут произойти серьезные выбросы радиации. Первый существенный удар ядерной энергетике был нанесен аварией на АЭС «Три-Майл-Айленд» в США (март 1979 г.): после этой аварии в США было аннулировано две трети заказов. После аварии на Чернобыльской АЭС (апрель 1986 г.), к началу 90-х годов в развитых странах, за исключением Японии и Южной Кореи, строительство новых АЭС практически прекратилось. Несмотря на это, атомная энергетика в настоящее время остается ведущей отраслью экономики. Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), с 1973 г. по настоящее время производство электроэнергии на АЭС выросло с 203 до 2653 ТВт·ч. В России на сегодняшний день эксплуатируются 10 атомных электростанций установленной мощностью 22242 МВт (выработку электроэнергии осуществляют 30 энергоблоков). К 2020 году производство электроэнергии на российских АЭС достигнет 300 млрд кВт·ч (23% от общего энергобаланса в РФ). В мире сегодня насчитывается десять ведущих производителей атомной энергии. В первую пятерку списка (в порядке убывания по выработке электроэнергии) входят: США, Франция, Япония, ФРГ и Россия. Мировая атомная энергетика обеспечивает более 16% спроса на электроэнергию в мире, на долю атомной энергии приходится более 25% в энергобалансах семнадцати государств мира. Сегодня 31 энергетический реактор в 11 странах мира находится в стадии строительства. Россия поставляет свою продукцию на 76 энергетических реакторов в 13 стран мира. В настоящее время крупными производителями ядерного чистого циркония в мире являются следующие крупные мировые компании: FANP (CEZUS + Zircotube, которые находятся в составе FRAMATOME), Франция; АО «ТВЭЛ» (Россия); Westinghouse (США); GNF (США + Япония); NFC (Индия). Кроме этих компаний циркониевую продукцию выпускают также: Sandvik Steel (Швеция + отделение в США (Sandvik Special Metals), и отделение в Великобритании

(Sandvik Steel UK); Nu-Tech (Канада, есть отделение в США); Zircotec (Канада); Franco Corradi (Италия); General Electric Canada в Канаде; FAESA (Fabrica de Aleaciones Especiales), находящаяся в собственности компании Combustibles Nucleares Argentinos SA, Аргентина). Полный металлургический цикл от цирконового концентрата до готовых изделий имеют четыре крупные компании: CEZUS + Zircotube, объем производства примерно 2000 тонн циркония в год; АО «ТВЭЛ», объем производства примерно 900 тонн циркония в год; Westinghouse, объем производства примерно 800 тонн циркония в год, Teledyne Wah Chang, США, объем производства примерно 1000 тонн циркония в год. Полный металлургический цикл имеет также государственная компания NFC, Индия, с объемом производства около 250 тонн циркония в год.

Конъюнктура в циркониевых бутиках

Цены на сырье, полуфабрикаты и готовую продукцию:

- австралийский цирконового концентрат – \$510–540 за 1 тонну
- бадделеит (из Ковдора) – \$1,7–2 за 1 кг;
- губка циркониевая – \$20–22 за 1 кг;
- слитки из сплавов циркония – \$35–40 за 1 кг;
- заготовки для горячего прессования – \$60–80 за 1 кг;
- трубы TREX – \$60–70 за 1 кг;
- трубы оболочечные – \$120–180 за 1 кг;
- диоксид Zr (98–99%) – \$3,0–5,0 за 1 кг;
- диоксид Zr (99–99,5%) – \$6–11 за 1 кг;
- диоксид Zr (99,5–99,9%) – \$12,3–17 за 1 кг;
- диоксид Zr стабилизир. – \$23,6–38 за 1 кг.

В настоящее время колебание цен на цирконий и цирконового концентрат незначительно. В прошлом (80–90-е годы), колебание цен на цирконового концентрат было связано с монопольным положением Австралии на рынке циркона. На колебание цен в конце 90-х годов свое влияние оказал экономический кризис в странах Юго-Восточной Азии, а в начале 2000-х годов – рост спроса в мире на керамику из диоксида циркония и открытие новых сфер применения стабилизированного диоксида циркония (в частности в высокотехнологичных отраслях). Цены на циркониевую губку последние 10 лет держатся на уровне 20–26 долларов за килограмм.

Основными экспортёрами металлического циркония на сегодняшний день являются: CEZUS (Франция), Teledyne Wah Chang (США), Westinghouse (США) и АО «ТВЭЛ» (Россия). Потребление металлического циркония в мире в среднем составляет 5–6 тысяч тонн в год. Российская циркониевая продукция используется потре-

бителями при производстве ТВС для реакторов атомных станций типа ВВЭР и РБМК (страны бывшего соцлагеря) и для реакторов PWR и BWR (дальнее зарубежье). Основными рынками сбыта российской «атомной продукции» являются российский рынок, рынки стран СНГ, Европы, Азии, США, Канады и Японии. Общее потребление цирконового концентрата в России – 12 тысяч тонн в

Динамика цен на цирконий в США (в долл. за брутто)

Продукция	1999	2000	2001	2002	2003
Американский циркон	300	340	340	370	360
Импортный (ФОБ)	311	396	356	400	370

Цены на цирконового песок (в долл. за брутто)

Страны	2001	2002
Песок в природной форме, навалом		
ФОБ Австралия	330-390	365-410
ФОБ ЮАР	350-400	360-410
ФОБ США	350-400	350-410
Песок в природной форме, в мешках		
ФОБ Европа	470-530	510-540
ФОБ Азия	510-550	450-550
Песок микронизированный, в мешках		
ФОБ Европа	540-580	600-630
ФОБ Азия	380-610	610-660

год, бадделеитового – 200 тонн в год. Производство циркония в мире с каждым годом стремительно растет, он находит новые области применения. В атомную энергетку внедряются ТВС (тепловыделяющие сборки) для АЭС нового поколения, ведется разработка новых кассет (ТВСА) с усиленной жесткостью конструкции и повышенной безопасностью. Российские ученые ведут работы по созданию твердых электролитов нового поколения из двуокиси циркония, стабилизированной оксидом скандия (одно из перспективных направлений использования твердых электролитов – создание топливных элементов нового класса для прямого получения электроэнергии). Программа по разработке технологии промышленного производства автономных источников питания – электрохимических генераторов на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) действует уже несколько лет (основа ТОТЭ – диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия, который обладает уникальным свойством – кислородно-ионной проводимостью при повышенных температурах). Работы по созданию производства электрохимических генераторов (автономных источников тока) идут очень интенсивно. Кроме того, с начала XXI века наблюдается значительный рост потребления стабилизированного иттрием оксида циркония для тонкой керамики (в производстве оптоволоконного кабеля). Все это говорит, что у циркония впереди большое будущее.

* В приведенном обзоре использованы материалы и фото из книги Эвелины Цегельник «Там, где химические превращения», 2004 г., ISBN 5-89806-066-9. Издательство: Ижевская республиканская типография, г. Ижевск, 240 с.

«Современная организация сбыта»

практический семинар для специалистов по сбыту и маркетингу

В октябре 2005 г. рекламное агентство «PRO Атом» и редакция журнала «Атомная стратегия», при поддержке ведущих ученых и специалистов Санкт-Петербурга, проведут практический семинар для специалистов в области сбыта, логистики и маркетинга.

1. Логистическая концепция предприятия (управление материальными потоками, оптимизация взаимодействия отдела сбыта и подразделений предприятия, обратная связь с производством).
2. Ключевые проблемы сбыта (рынки сбыта, оптимальная организация отдела, требования к персоналу, мотивация).
3. Сотрудничество отдела сбыта, служб маркетинга, рекламы и PR (бренд, эстетика, эффект подачи, эффективная упаковка, способы продвижения, роль СМИ, выставки, презентации).
4. Логистические центры, организация производственных и торговых объектов на удаленных территориях (экономическая целесообразность, риски, организационные формы).
5. Коммерция, формы посредничества, оптовая продажа (дистрибуция, франчайзинг).
6. Управление запасами, оптимизация складских операций (экономика, показатели эффективности работы склада, учет, технология, автоматизация, тара, транспорт, безопасность).
7. Транспорт, грузооборот и оптимизация доставки.
8. Формы расчетов. Учет потерь.

9. Сверхнормативные запасы и б/у материалы в атомной отрасли (учет, оценка, ценообразование, сбыт, товарооборот, транспортировка, утилизация, налогообложение).
10. Сбыт нетоварной продукции (электроэнергия, вода, тепло) на предприятиях атомной отрасли.
11. Учет и минимизация рисков, управление страховыми запасами, страхование.
12. Интернет-торговля.
13. Электронная торговая площадка Агентства по атомной энергии.
14. Подготовка специалистов.
15. Психология коммерческой деятельности, взаимоотношения с клиентами. Работа с должниками.

Материалы семинара будут опубликованы в журнале «Атомная стратегия» и в журнале «Атомный календарь». До 25 сентября принимаются дополнительные вопросы по теме для включения в план семинара и обсуждения за круглым столом.

Предусмотрена обширная культурная программа. Участие в семинаре платное и составляет \$380 с человека. (В стоимость не входят проживание, питание и транспорт). Заявки на участие в семинаре и на проживание в гостинице принимаются в свободной форме до 30 сентября.

Тел. (812) 717-7782, 380-5003, 380-5004; ф.: (812) 717-9194
e-mail: reks@proatom.ru



Обратная связь

Малая энергетика – большая сила



А.П. Васильев
Директор Международного Центра по экологической безопасности Минатома России

Энергетические объекты, даже для малой энергетики, это не однодневки. Те установки, что создаются сегодня, будут служить многие десятилетия нашим детям и внукам. Поэтому при их оценке нужно учитывать не только требования сегодняшнего дня, но и их возможные изменения в будущем. Эти оценки должны проводиться с учетом, по крайней мере, трех факторов: экономического, экологического и социального, которые очень тесно связаны и наиболее сильно влияют на судьбы технологий.

Фактор первый, экономический

Ядерные объекты, как правило, сложнее и дороже в строительстве, чем объекты обычной тепловой энергетики. Но зато топливная составляющая в стоимости производимой энергии в них существенно, в разы, меньше. Для отдаленных районов, где транспортная составляющая превосходит начальную цену топлива, это особенно важно. К тому же, они меньше зависят от конъюнктурных скачков цен на топливо.

Органическое топливо – невосполнимый ресурс, поэтому в перспективе рост его стоимости неизбежен. Совершенно другой процесс будет идти в атомной энергетике. Уже разработанные в России технологии позволяют использовать в качестве топлива то, что сегодня многие называют отходами. Это и отвальный уран, оставшийся после обогащения природного урана, и отработавшее ядерное топливо, включая наиболее опасные трансураниевые элементы. Этих запасов хватит на тысячелетия.

Экономическая конкурентоспособность малых блочных атомных станций со временем будет возрастать. Способствовать этому будет и дальнейшая автоматизация управления атомными блоками, что приводит к снижению числа персонала, и к повышению безопасности их работы.

Как любил повторять знаменитый американский физик Эдвард Теллер, главная опасность на АЭС – это человек. Он призывал к полной автоматизации управления действующих АЭС. Опыт показывает, что ~ 70% всех аварийных ситуаций, в т.ч. практически все тяжелые аварии, связаны с ошибками персонала.

Повышению экономичности блоков малой энергетики способствует и длительный срок их работы без замены топлива, что еще больше снижает затраты на транспортировку и перегрузку топлива, повышает коэффициент использования мощности.

Фактор второй, экологический

Для тепловых станций в удаленных районах можно рассматривать в качестве топлива только

уголь и мазут. Их сжигание приводит к выбросу в атмосферу окислов серы и азота, мелкодисперсных частиц, содержащих различные химические элементы (алюминий, свинец, радионуклиды и др.), которые оказывают негативное воздействие на здоровье людей и окружающую среду. В МАГАТЭ в течение нескольких лет большая группа специалистов из разных стран (США, Франция, Германия, Великобритания, Россия, Китай, Япония и др.) проводила оценки ущерба для окружающей среды от этих выбросов и рассчитывала затраты, которые должно нести общество для компенсации этого ущерба, так называемые «внешние цены», отнесенные к 1 кВт·час вырабатываемой энергии. Внешние цены зависят от многих факторов. В том числе от типа топлива, например, для кузнецкого угля они в полтора раза выше, чем для канско-ачинского. От конструкции станции и качества ее очистных (фильтров) систем. От расположения станции (учитывается состав населения, растительности, роза ветров и т.д.).

Для России средние «внешние» цены составляют ~10 центов/кВт·ч для угля; 4,5 цента/кВт·ч для мазута и 0,2 цента/кВт·ч для АЭС.

Разница понятна. АЭС при нормальной работе практически не выбрасывает в воздух и в воду загрязняющие вещества. Даже радионуклидов АЭС выбрасывает в десятки раз меньше, чем угольная станция.

Тот, кто бывал на Севере, видел огромные залежи пустых бочек из-под мазута, разбросанных вокруг дизельных станций и пылящие золоотвалы вокруг небольших угольных котельных.

Но все помнят Чернобыль, и страх перед возможной аварией заставляет даже трезво мыслящих людей опасаться соседства с атомной станцией.

Что тут можно сказать?! Чернобыльская трагедия вызвана рядом причин.

Во-первых, причиной аварии стали грубейшие нарушения требований обеспечения безопасности. Не все помнят, что за несколько лет до этого все АЭС, кроме Ленинградской, были выведены из Минатома (тогда он назывался Средмашем) и переданы энергетикам. Руководство Средмаша сумело отстоять только Ленинградскую АЭС. Специалисты-атомщики предупреждали, что в стране отсутствует в большинстве отраслей, в т.ч. в энергетике, та особая «атомная» культура, средмашевская дисциплина, воспитывавшаяся десятилетиями. Ветераны «Маяка» помнят, что над пультами управления первыми реакторами, гораздо более несовершенными и опасными, чем Чернобыльский, висели таблички с надписью: любое несанкционированное отклонение от штатного режима преследуется в уголовном порядке. И за пультами сидели специалисты-ядерщики.

А тут в новую отрасль пришли люди с другими знаниями, другим опытом. И даже директором АЭС был хороший энергетик, но не специалист в ядерной технике.

Во-вторых, ситуацию усугубляли недостатки конструкции реактора. Сейчас, задним числом, расчетами было показано, что если бы была установлена дополнительная система аварийного останова с введением стержней снизу (кстати, действовавшая уже в то время почти на всех реакторах этого типа), то аварии не произошло бы.

После аварии были приняты меры, в т.ч. с большой помощью западных стран, по улучшению систем безопасности всех реакторов, и в первую очередь Чернобыльского типа. И даже западные эксперты сейчас согласны, что достигнут огромный прогресс в этой области.

Реакторы, предлагаемые для малой энергетики, обладают еще большей безопасностью, чем реакторы большой энергетики. Это связано и с их меньшей мощностью, и с меньшей энергонапряженностью всех узлов, и с использованием систем естественной безопасности, когда безопасность обеспечивается не сложными инженерными устройствами, а ясными и безотказными законами природы. Например, естественной циркуляцией теплоносителя, когда для обеспечения съема тепла не нужны насосы. Или падением мощности за счет нейтронно-физических характеристик при повышении температуры воды выше заданной.

В этом смысле особенно наглядно видны преимущества системы естественной безопасности на примере установки «РУТА». Она без вмешательства человека обеспечивает следование мощности реактора за нагрузкой в тепловой сети. Благодаря этому стала возможной максимальная автоматизация, что позволяет устранить влияние «человеческого фактора». Недаром реакторы этого типа десятилетиями безаварийно работали в сотнях университетов и исследовательских лабораторий по всему миру.

Поэтому можно уверенно утверждать, что предлагаемые реакторы малой мощности безопасны для населения и окружающей среды.

Фактор третий, социальный

Стабильность, уверенность в завтрашнем дне – основа социального благополучия в обществе. Надежное, не зависящее от капризов погоды и транспортных неувязок, энергообеспечение удаленных поселков и предприятий гарантировано при наличии у них своей атомной станции. Тому практическое подтверждение – Билибинская АЭС, снабжающая электричеством и теплом вот уже 30 лет жителей Чукотки.

Атомные станции по всей стране – надежные и выгодные плательщики налогов в местный бюджет. Плюс те льготы, что дает правительство населению и предприятиям вблизи этих станций. Это стабилизирует экономику и повышает уровень жизни.

Атомная энергетика – высокотехнологичная отрасль. Она повышает число рабочих мест высокой квалификации, в т.ч. и вдаль от атомных станций. Тем самым снижается потребность в людях в краях с суровым климатом, а жизнь тех, кто там

должен работать, становится более комфортной.

И еще одно важное обстоятельство. Неизвестное всегда кажется более страшным. К нефти и газу уже привыкли. И даже регулярные взрывы бытового газа в домах и на работе, немалые жертвы при этом не вызывают страха и отторжения. А при слове «атом» многим чудится что-то страшное. Сразу вспоминают Хиросиму и Чернобыль. И не верят, что в Хиросиме подавляющее число жертв не от радиации, а от пожара, охватившего город.

Надежная и безопасная в течение десятилетий работа атомных станций, расположенных рядом с домом и предприятием, поможет преодолеть антиядерный синдром, сделает привычной и атомную энергетику. Особенно если руководство и сотрудники этих станций последуют примеру своих западных коллег. И в Англии, которая первой начала развивать большую атомную энергетику, и во Франции, где атомная энергетика обеспечивает 75% производства электроэнергии, ведется постоянная работа с населением. Людей бесплатно возят на автобусах и им показывают, как профессионально, аккуратно и с полной ответственностью работают специалисты всех ветвей атомной отрасли, вплоть до переработки топлива и захоронения отходов. Это требует дополнительных хлопот и расходов, но зато окупается сторицей.

Один пример. Чернобыльское облако прошло точно по границе Германии и Франции. В Германии было много шума, и был наложен запрет на продажу ряда сельхозпродуктов, что, естественно, причинило и экономический ущерб. А во Франции никаких ограничений правительство не вводило. Оно поверило специалистам, которые сказали, что эти выпадения столь малы, что не представляют никакой опасности. Журналисты шутили, что правительство не позволило облаку пересекать границы Франции.

В заключение можно сказать, что строительство малых атомных станций для обеспечения электричеством и теплом удаленных и труднодоступных мест России, особенно расположенных в районах с суровым климатом, экономически выгодно, экологически безопасно и будет способствовать улучшению социального климата.

Демонстрация надежной и безопасной работы этих станций будет способствовать спросу на них и в других странах. Ведь не везде можно и нужно строить мощные АЭС. А это повысит экспортный потенциал России, сделает его менее зависящим от экспорта сырья, что выгодно нам всем.

Нужно поддержать развитие этого перспективного направления. Потеряем время – нас обгонят другие страны, заняв эту нишу на рынке услуг.

Уважаемые коллеги!

На вашем предприятии большое внимание уделяется работе с коллективом, отмечаются особые даты в жизни отрасли, предприятия и всех сотрудников. Памятные даты, дни рождения и юбилеи – это прекрасные информационные поводы чтобы еще раз отметить значимость предприятия, показать его надежность и уникальность руководству, партнерам и клиентам. Хорошо организованный юбилей демонстрирует внимание к каждому труженику и способен сплотить коллектив для достижения общих целей.

Приглашаем вас размещать информацию о юбилеях вашего предприятия и днях рождения сотрудников на страницах наших журналов. Журналы «Атомная стратегия» и «Атомный календарь» будут достойно и эффективно способствовать вашей работе.

С уважением, руководитель отдела рекламы предприятия «Рго Атом» Татьяна Сидоренко

Надо грамотно «дергать» атомщика Румянцева

(«дергать» – борцовский термин)



Валерий Акиншин
2-х кратный чемпион России, призер чемпионата мира по кикбоксингу, мастер спорта России по боксу и кикбоксингу

Депутат Курчатовской городской думы и руководитель Школы единоборств Валерий Акиншин: «За пятый блок надо бороться!»

28 апреля на Городской Думе глава города Юрий Косырев сообщил депутатам, что 13 мая в Москве руководитель Федерального агентства по атомной энергии Александр Румянцев готов выслушать представителей города по вопросу строительства 5 блока атомной станции. Депутаты сразу сориентировались и изъявили желание присутствовать на встрече. Однако ответ как бы повис в воздухе.

Две недели спустя депутатская группа готовила важное заседание Городской Думы по юри-

В Курске будет построена новая АЭС

В Москве состоялась встреча представителей города Курчатова с руководством Федерального агентства по атомной энергетике. Речь шла о завершении строительства пятого энергоблока Курской атомной станции. Курчатовцы высказали руководителям агентства свою обеспокоенность по замораживанию строительства энергоблока, особо заострив внимание на проблемах города, возникших после замораживания строительства. «Отсутствие работы у строителей-атомщиков способно привести к социальному взрыву», – заявили на встрече представители Курчатова. Руководители ФААЭ в свою очередь подтвердили, что в Курской области планируется построить так называемую станцию замещения, а проблемы занятости строителей посоветовали решать совместно с региональными властями.

18.05.2005, ИА REGNUM

дическому лицу. Тогда депутат Думы Игорь Карпов предложил настоять на депутатском участии во встрече с руководителем атомного ведомства. Мы подготовили письменное обращение к главе города, и большинство наших коллег его поддержало.

Глава города не стал упираться, и хотя инициатор депутатского участия Карпов не смог поехать (у него вечером того дня был угнан автомобиль), группа из трех депутатов во встрече с академиком активно участвовала.

Помимо меня это были депутаты Софья Галимова и Бронеслав Суценя. Александр Румянцев в

начале разговора сразу определил начало бюджетного финансирования 5 блока АЭС – 2014 год! Академик сравнил действия команды Станислава Антипова по достройке 3 блока Калининской АЭС с действиями наших управленцев по достройке 5 блока Курской станции. Сравнение выглядело не в нашу пользу. Он отметил, что С. Антипову было тоже очень трудно, но «он построил». Александр Румянцев напомнил, что после того, как он возглавил атомное ведомство, то неоднократно высказывал руководству Курской АЭС свое мнение о том, что на бюджетные деньги по 5 блоку надеяться нельзя.

Однако к концу разговора он уже не был так категоричен. Он согласился с доводами делегации, что социальный аспект достройки 5 блока для Курчатова и всего региона очень важен. Сошлись во мнении, что требуется уточнение необходимых средств и кропотливая работа по приведению потребностей к реальной жизни.

Глава Агентства дал поручение Президенту концерна Станиславу Антипову изучить вопрос о снижении стоимости блока. Были названы возможные источники инвестиций. Это крупные потребители электроэнергии в нашем регионе, которые объективно заинтересованы в наличии дешевой электроэнергии в Курской области. А. Румянцев обещал свое содействие в реализации возможных финансовых схем.

После почти двухчасовой встречи делегация обменялась впечатлениями с Президентом концерна Станиславом Антиповым. Он сказал, что нужно конструировать конкретные схемы с организациями, желающими вложить деньги в достройку. Мне показалось, что он по-настоящему заинтересован в решении проблемы. Антипов сказал, что многое определится во время его визита на Курскую АЭС.

Только собственные инвестиции



Е.Г. Будылов
Зам. нач. отдела по маркетингу научной продукции ФГУП ГИИЦ РФ ФЭИ, к. т. н.

До сих пор у нас нет типового проекта атомной станции или, точнее, такого проекта, который мог бы стать серийным, где большая часть оборудования изготавливалась бы в заводских условиях. И пока его не будет, полная удельная стоимость установленной мощности будет так высока, что невозможно построить АС на заемные средства, поскольку указанный параметр проекта и банковская процентная ставка имеют зависимость, представленную на рис. 1. Приведенная зависимость получена для конкретного проекта для трех вариантов полных затрат на проект. Она демонстрирует следующее:

- невозможность осуществления проекта на внутренние займы, т.к. слишком высока не только банковская процентная ставка российских банков, но и ставка рефинансирования ЦБ РФ;
- в связи с ростом ставок внешних займов (см. рис. 2), минимум ставок, например, World Bank пришелся на середину 2003 г., верхний предел полной удельной стоимости установленной мощности, при котором еще имеется возможность осуществления проекта на заемные средства, снизился с ~1100 до ~830 \$/кВт.

Относительно низкие банковские процентные ставки внешнего заимствования недостаточны для реального получения кредитов: нужны гарантии. Государство (Правительство России), как известно, таких гарантий не предоставляет, а сама атомная отрасль, в частности, концерн «Росэнергоатом», по традиции, настолько «непрозрачна» в части результатов финансовой деятельности (ни на одном сайте станций нет сведений о себестоимости электроэнергии и тепла), что, вероятнее всего, не может выступать в качестве гаранта для зарубежных банков.

Приток частных инвестиций в атомную энергетику возможен только после законодательного решения вопросов собственности: в какой части она должна быть федеральной, а в какой может быть частной.

Таким образом, на текущий момент у атомной энергетики нет иных источников финансирования, как собственные инвестиции, т.е. инвестиции концерна «Росэнергоатом», либо бюджетные. На бюджетные, как известно, рассчитывать не приходится: осилит ли он финансирование БН-800.

А для собственных инвестиций обстановка не в пользу атомной отрасли: в 2004 г. в тарифе конечного потребителя средний по отрасли отпускной тариф составлял ~35%, остальное делили между собой сетевые и сбытовые организации. В 2005 г. эта пропорция сохранилась: усредненный по мощности отпускной тариф концерна «Росэнергоатом» составляет ~36% в тарифе конечного потребителя. При этом следует отметить, что тарифная политика на ФОРЭМе такова, что и в размере тарифа атомная энергетика ущемлена по отношению к энергетике на органическом топливе: так в 2004 г. средний по отрасли отпускной тариф, усредненный по мощности, составлял ~1,46 цент/кВтч, в то время как средний тариф энергетике на органическом топливе составлял ~2,2 цент/кВтч.

Как известно, по оценкам специалистов НИКИЭТ, действующие станции имеют себестоимость на уровне 1,1 цент/кВтч, а не 1,5 цент/кВтч, как утверждалось в статье А. Егорова в 2004 г.

Во всех известных предложениях на реновацию НВАЭС проектная себестоимость производства электроэнергии, как правило, выше себестоимости действующих атомных станций. Что из этого следует? А то, что предлагаемая реновация ляжет бременем на остальные блоки, либо на потребителя. Такая реновация финансово неэффективна для генерирующей организации. Она может быть оправдана в энергодефицитном регионе, т.к. будет иметь общественную (социальную) эффективность, за которую, в конечном счете, придется кому-то платить. При такой реновации рассчитывать на инвестиции частного капитала или использование заемных средств не приходится: слишком велики сроки окупаемости, а бюджетных средств на текущий момент нет даже на разработку проекта реновации.

И теперь еще об одной проблеме, которая «введена в действие» приказом ФСТ от 30.11.2004 г. № 212-э/4. Кроме установления на текущий 2005 г. та-

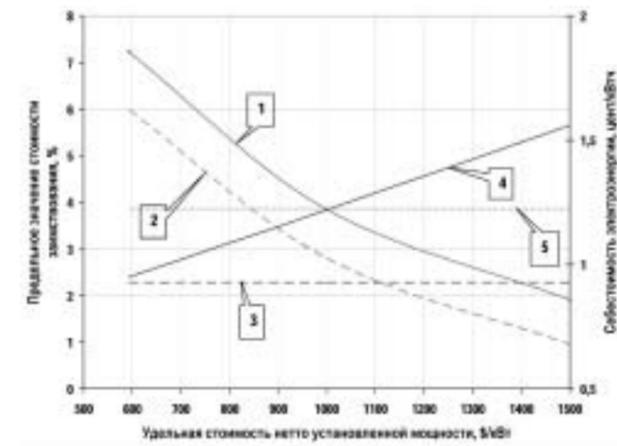


Рис. 1. Предельные значения банковской процентной ставки (1) в зависимости от величины полных первоначальных затрат, выраженных через полную удельную стоимость установленной электрической мощности, а также (2) – график приемлемых для финансирования ставок, (3 и 5) – текущее значение ставки World Bank соответственно в 2004 г. и 2005 г. и (4) – себестоимость производства электроэнергии

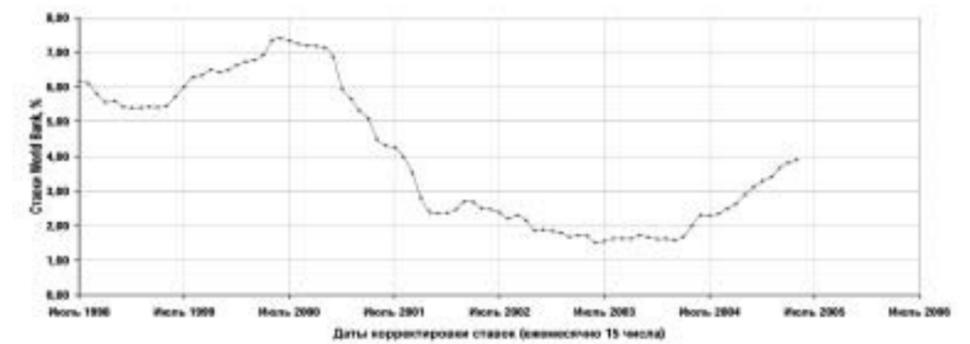


Рис. 2. История значений ссудного процента World Bank, основанного на LIBOR, за период с 31.07.1998 г. по 15.05.2005 г.

рифов на электроэнергию и мощности единой эксплуатирующей компании концерна «Росэнергоатом», этот приказ устанавливает нормативы отчислений в три вида резервов для финансирования²:

- ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности при эксплуатации атомных станций 3,43%;
- физической защиты, учета и контроля ядерных материалов 0,64%;
- развития атомных станций 26,3%.

Поскольку этот приказ не отменил постановление Правительства от 30.01.2002 г. № 68(Д), то четвертый норматив сохранился в неизменном виде²:

- вывода из эксплуатации атомных станций и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по обоснованию и повышению безопасности выводимых из эксплуатации объектов 1,3%

Следует отметить, что суммарный размер нормативов отчислений, введенный приказом ФСТ, наибольший из действовавших до 2002 г. и в период 2002–2004 гг.

Оценки показали, что последнее нововведение по сравнению с нормативами, действовавшими до 2002 г., увеличивает себестоимость действующих станций в ~1,5 раза, а вновь проектируемых в ~2,1 раза. Этот фактор еще более усугубляет проблемы реновации действующих атомных станций.

Кроме этого, политика увода средств от налога на прибыль, включение этих средств в себестоимость в виде отчислений в резерв на развитие атомной энергетики (26,3% от выручки), приемлемо только для случая единой генерирующей компании атомной энергетики. В этом факте можно предполагать нацеленность на политику безальтернативного развития атомной энергетики.

¹ С учетом затрат на разработку.
² От выручки.



ЗАО «Атомпромресурсы»

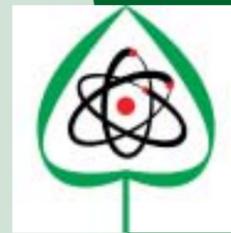
Официальный представитель и эксклюзивный поставщик продукции "ОАО SELMI" на российском рынке

Растровый электронный микроскоп с камерой низкого давления РЭМ-106



ЗАО «Атомпромресурсы»
Департамент маркетинга
Кириченко Ирина Владимировна
119017, г.Москва, ул.Б.Ордынка, д.40, стр.1

Телефон/факс: +7 (095) 933 62 27(28)
E-mail: ivk@nuclear.ru
Продукция SELMI в сети:
<http://www.nuclear.ru/selmi/>



VIII Международная конференция

Безопасность ядерных технологий:

**экономика безопасности
и обращение с источниками
ионизирующих излучений**

Санкт-Петербург, 26–30 сентября 2005 г.

Оргкомитет

Тел.: (812) 394 78 87

Тел./факс: (812) 394 50 06

E-mail: slp@graph.runnet.ru

СЕМЕНОВА Людмила Петровна

Тел. (812) 394 71 15

Тел./факс: (812) 394 50 06

E-mail: bnf@graph.runnet.ru

БРЫЛЬ Наталья Феликсовна

Организаторы:

Федеральное Агентство по атомной энергии РФ, ФГУП ВНИПИЭТ, ГУП НПО «Радиовый институт им. В.Г. Хлопина», ФГУП АТЦ, ВО «Изотоп», ФГУП ВНИИХТ, ГРОЦ, при поддержке РП РАЭП, WONUC.

Председатель Оргкомитета:

С.В. Антипов, заместитель руководителя Росатома

Заместители председателя Оргкомитета:

А.М. Агапов, начальник Управления ядерной и радиационной безопасности Росатома;

Ю.П. Лисненко, ректор ГОУ ГРОЦ.

Информационные спонсоры:

- Журналы «Атомная стратегия» и «Атомный календарь»
- Газета «Атомпресса»
- Российские сайты: nuclear.ru, minatom.ru

Основные темы:

- Экономика и безопасность атомной отрасли
- Безопасность источников ионизирующих излучений (ИИИ)
- Приборы и методики радиационного контроля и радиационного мониторинга
- Образование и подготовка кадров, связи с общественностью

В дни работы конференции будут проведены:

- Технические экскурсии на объекты атомной энергетики Северо-Западного региона
- Международная выставка «Атомная промышленность–2005»

Регистрационный сбор за участие в конференции составляет 250,0 евро без учета НДС 18%. Предусмотрены скидки.

Секретариат конференции

«Безопасность ядерных технологий»:

ГОУ «ГРОЦ», Россия, 197348, Санкт-Петербург, Аэродромная ул., 4

Тел.: (812) 394 78 87; Тел./факс: (812) 394 50 06

E-mail: slp@graph.runnet.ru

Контактное лицо: СЕМЕНОВА Людмила Петровна

Презентации, экспозиции, семинары и спонсорство:

- Презентационное выступление в рамках пленарного заседания – 500 Евро
- Презентационная экспозиция в холле ГОУ «ГРОЦ» – 500 Евро
- Сателлитный научно-практический семинар (зал на 70 чел./3 часа) – 750 Евро
- Сателлитный научно-практический семинар (зал на 40 чел./3 часа) – 500 Евро
- Генеральный спонсор конференции – 5000 Евро
- Официальный спонсор конференции – 3000 Евро

УВАЖАЕМЫЕ ДАМЫ И ГОСПОДА!

Во многом благодаря спонсорской помощи конференция «Безопасность ядерных технологий» продолжает свое существование как крупнейшее международное мероприятие.

Спасибо всем, кто уже оказал нам финансовую поддержку или планирует оказывать ее в будущем. Вы можете профинансировать конкретные мероприятия или рекламную кампанию, проводимые в рамках конференции, стать информационным спонсором.

Благодарим за спонсорскую помощь в организации мероприятий 2003–2004 гг.: концерн «ТВЭЛ» (Москва), ГНПП «Доза» (Москва), ЗАО «Комплект – Атом – Ижора» (Санкт-Петербург), ОАО «Техснабэкспорт», Концерн «Росэнергоатом», ЗАО «Прогресс-Экология».

Ваша поддержка – залог нашего общего успеха!