

возможно отразить все перипетии дискуссии и аргументы сторон за это время [1—2], но важно отметить эту системную, междисциплинарную природу катастрофы.

И в этом один из важнейших уроков чернобыльской катастрофы — конструкторы обязаны прогнозировать зоны неустойчивой работы сложного технического объекта, чтобы предупредить эксплуатационников о запрете выхода на эти критические режимы. А эксплуатационный персонал — четко знать пределы допустимых режимов эксплуатации, иметь инструмент точного мониторинга опасных режимов.

1. Три этапа развития аварий и три компонента безопасности

В развитие уроков Чернобыля, через год после аварии, академик В. А. Легасов предложил свой оригинальный подход к безопасности и риску в сложных энергонасыщенных технических системах [3]. По его мнению, в развитии большинства аварий можно выделить три основные стадии.

На первой происходит накопление существенных отклонений от номинальных режимов работы, иногда становящихся привычными и поэтому не представляющих угрозы для оперативного персонала. Сюда же можно отнести отключение аварийных защит и/или неработоспособность систем комплексного мониторинга режимов.

Сами по себе дефекты и отклонения угрозы не представляют, но в критический момент они могут сыграть роковую роль. Накопление отклонений от нормы связано с отсутствием соответствующей диагностики работы отдельных элементов и с привыканием обслуживающего персонала к подобного рода отклонениям. Энергоустановки и агрегаты переходят в крайне неустойчивый режим, при этом не оставляя возможности управляющему персоналу адекватно среагировать на внезапные возмущения или экстренные ситуации.

На следующей стадии происходит внезапное возмущение (редкое событие), которое «благодаря» накопленным на первом этапе режимным нарушениям приводит к переходу к третьей стадии: лавинообразному развитию реакций, высвобождению накопленной энергии, в ряде случаев — к катастрофическому развитию ситуации. Этот печальный

алгоритм применим и к чернобыльской аварии, катастрофе химического комбината в Бхопале, аварии на Саяно-Шушенской ГЭС и другим масштабным техногенным авариям.

Слова академика В. А. Легасова [3] актуальны до сих пор: «Важный урок, вытекающий из чернобыльской трагедии, состоит в абсолютном отсутствии у всех фирм и государств технической готовности действовать в столь экстремальных условиях. Ни одно государство мира, как показала практика, не обладает полным комплексом алгоритмов поведения, измерительных средств, работоспособных роботов, эффективных химических средств локализации аварийной обстановки, необходимых медицинских средств и т. п.»

Можно добавить: и людей, подготовленных к экстремальным условиям работы. Работы разных лет [4—5] убедительно показывают, что социальные последствия чернобыльской аварии были в ряде случаев сильнее, чем радиационные. Незнание реальных доз облучения и возможных последствий действовало на людей хуже самой радиации. В этом плане достойно всяческого подражания поведение простых людей в Японии, мужественно противостоящих последствиям стихийного бедствия, и вместе с тем очевидно полное отсутствие средств управления катастрофическим развитием событий.

Если авария уже произошла, то здесь играет роль другая сторона культуры безопасности. К примеру, концепция глубокоэшелонированной защиты базируется на преодолении поэтапных барьеров на пути опасности (высокой температуры, давления, высокой радиации). Каждый барьер — это элемент системы сокращения последствий, возможность управления риском при ликвидации аварии [6].

Соответственно можно выделить три компонента обеспечения безопасности (снижения рисков): технологический, информационный, социально-психологический (табл. 1).

2. Общие принципы снижения рисков в энерготехнологических системах

Энергетические мощности страны, являясь ресурсом для экономики, будучи в работоспособном состоянии, с конца 90-х годов исчерпали этот ресурс и перешли в затратную стадию (затраты на под-

Увязка компонентов обеспечения безопасности

Таблица 1

Компоненты	Целевые параметры	Пути реализации
Технологический компонент	Концепция глубоко эшелонированной защиты	Последовательные барьеры на пути токсичных веществ, радиации, высоких температур, давлений
Информационный компонент	Обеспечение адекватного мониторинга протекающих процессов	Наличие необходимых датчиков и систем сбора информации, понятная визуализация оперативной информации
Социально-психологический компонент	Подготовленность персонала к взаимодействию со сложными техническими системами, в том числе в период управления аварией	Накопление опыта эксплуатации, взаимодействия в напряженных условиях работы, коммуникативных умений, работы с системами поддержки принятия решений

держание систем сопоставимы с формированием нового ресурса), стали источником техногенных рисков [7]. Необходимы новые институциональные принципы обновления, замены и реконструкции технологических, энерготехнологических комплексов промузлов и городов. Перед РФ стоит задача обновления и замещения инфраструктурных технологий, являющихся материальной основой системы хозяйствования. Необходимы не только новые физическая и технологическая замена фондов, но и изменение системы управления [8].

Поэтому актуальна выработка единого подхода, алгоритма, направленного именно на получение ранжированных показателей энергобезопасности и рисков, но использующего достаточно широкий набор критериев в зависимости от тех или иных особенностей регионального энергокомплекса. Нужен системный анализ пределов допустимости изменений, взаимосвязи технологических и социальных аспектов разных энергоисточников и энерготехнологий.

Для самой большой в мире северной страны целевыми задачами энергетической безопасности будет обеспечение надежного теплоэнергоснабжения всех территорий страны с максимально возможной эффективностью. Главные источники угроз и рисков — неэффективное, нерациональное (нефункциональное) использование энергоресурсов, обусловленное как устаревшим оборудованием, так и порочными политико-экономическими решениями в энергокомплексе.

В такой постановке задачи особое значение приобретает приоритетная разработка методического

инструментария анализа энергетической безопасности регионов, систем критериев повышения эффективности агрегатов и систем, модельных информационно-аналитических комплексов, переподготовка кадров для их активного применения (табл. 2).

Переход от стратегии «латания дыр» к управляемому кризису знаменует собой построение новой идеологии в энергопромышленном комплексе в целом, которая должна ориентироваться на подходы, активно используемые в атомной промышленности (концепция глубоко эшелонированной защиты ядерных энергокомплексов [9], концепция приемлемого риска ALARA¹, и др.).

3. Современные вызовы безопасного энергетического развития

К сожалению, абсолютно безопасных средств решения энергетической проблемы пока не найдено [10]. Возобновляемая энергетика не может обеспечить энергопотребности человечества, а надежды на «умные сети» могут оправдаться в будущем только для редких энергоизбыточных сегментов энергокомплекса. При этом дисбалансы в разных частях системы могут быть столь значительными, что требуют наличия специальных технологических устройств поглощения (диссипации) или ак-

¹ Принцип в философии радиологической защиты, при котором доза и риск облучения удерживаются на низком разумно достижимом уровне (As Low As Reasonably Achievable — ALARA) с учетом экономических и социальных факторов.

Угрозы (риски) и показатели энергетической безопасности

Таблица 2

Угрозы (риски) безопасности	Меры обеспечения снижения рисков	Критерии
Зависимость от внешних энергоносителей при невозможности влиять на источники поставки	Обеспечение независимости региона от поставок внешних энергоносителей	Доля внешних поставок энергоносителей
Ценовой дисбаланс на основные энергоносители и продукцию энергетических отраслей	Сокращение ценового дисбаланса на основные энергоносители и энергоемкие и структурообразующие продукты	Динамика сокращения дисбаланса цен
Износ энергетического оборудования и отсутствие инвестиций на реконструкцию	Реконструкция энерготехнологического оборудования в добывающей отрасли, транспортировке, переработке энергоносителей	Повышение эксплуатационной готовности, снижение износа оборудования
Повышенная энергоемкость основной промышленной продукции, обуславливающая перерасход топливно-энергетических ресурсов и экологическое давление энергетики	Существенное снижение энергоемкости промышленного производства и потерь энергии	Динамика снижения энергоемкости по группам товаров и ВВП
	Снижение экологического влияния промышленного энергокомплекса и обусловленного этим социального неприятия энергетики	Сокращение энергетических отходов
Высокие потери энергоресурсов на стадиях добычи и транспортировки	Повышение эффективности энергоиспользования в промышленном комплексе и в коммунальном хозяйстве	Динамика сокращения потерь энергии в промкомpleксе, ЖКХ
Незавершенность и противоречивость правовой базы функционирования ТЭК	Совершенствование правового обеспечения энергетического комплекса и ужесточение контроля за соблюдением законодательства в ТЭК	
Криминогенность сферы транспорта и распределения энергоресурсов		Динамика сокращения правонарушений в сфере ТЭК
Человеческий фактор, в существенной степени ставший причиной аварии на Чернобыльской АЭС	Повышение качества подготовки специалистов в энергокомплексе, в том числе с учетом применения современных информационных технологий	Степень использования учебных симуляционных информационных систем
Существенное снижение резерва энергетических мощностей и обусловленная этим зависимость от углеводородных энергоносителей	Снижение аварийности энерготехнологического оборудования и вероятности техногенного риска от объектов энергетического комплекса	Динамика снижения аварийности в энергосистемах
	Увеличение резервирующих мощностей и объемов использования возобновляемых источников энергии	Динамика увеличения «горячего резерва» и установленной мощности ТЭК

кумуляции для построения подсистемы распределенного регулирования или управления энергопотоками.

Речь идет о понимании проблематики энергетической эффективности и энергобезопасности территориально распределенных систем теплоэнергоснабжения, напрямую связанной с использованием разных дисбалансов энергии различного

потенциала, и в этом качестве могут быть равноправно использованы утилизационные, аккумулирующие и пиковые агрегаты разной мощности. Выбор схемно-параметрических решений и функционального энергетического оборудования должен базироваться на поэтапном сведении и рационализации балансов потребляемой и генерируемой энергии.

Принципы нейтрализации дисбалансов энергопотребления

Таблица 3

Диверсификация источников энергоснабжения	Энерготехнологическое комбинирование	Использование дисбалансов энергопотребления
Оптимизация состава источников энергоресурсов и потребителей ресурсов	Применение различных взаимозаменяющих энергоносителей	Применение детандер-генераторов для получения электроэнергии на избыточном давлении
Использование промышленных энергоисточников для энергоснабжения	Переработка отходов для выработки энергии	Использование крупных источников вторичных энергоресурсов
Применение атомных энергоисточников для тепло- и электроснабжения промзон и коммунальных комплексов	Утилизация низкопотенциальных энергоресурсов в энергобиологических комплексах	Активное использование местных условий привлечения возобновляемых энергоисточников

Развитые энергетические инфраструктуры (табл. 3) и оптимизация их режимов в любом случае являются предпосылкой более полного использования всего потенциала энергоносителей.

Такое построение систем выработки и использования энергоресурсов отражает и эффективность энерготехнологического комбинирования, наиболее полного использования всего потенциала располагаемой энергии топлива во всех диапазонах возможных тепловых нагрузок. В частности, ряд специалистов [11] вводят понятие целостности систем энергообеспечения как системы, использующие взаимозаменяемые энергоносители, технологии, объекты, стандартизацию и унификацию, закольцованную структуру, включающую необходимое разнообразие объектов и технологий.

Многие современные проекты в области энергетических инфраструктур, как показывает опыт [12], имеют достаточно большие сроки окупаемости, а в ряде случаев просто не оправдывают вложенных средств.

Тому виной сочетание различных факторов: износ основного оборудования, его резкопеременные режимы работы, цены на энергоресурсы, протяженность страны и необходимые масштабы систем жизнеобеспечения, климатические условия большинства территорий РФ, состояние энергомашиностроения.

Полная и частная некупаемость энергосберегающих проектов потребителей, современных ис-

точников энергии при их неполной загрузке ставит перед нами три важных вопроса:

- при каких условиях, факторах возможна окупаемость различных элементов энергетической инфраструктуры;
- как быстро строить необходимые системы жизнеобеспечения разных городов и поселков, если эти проекты не вполне окупаемы;
- каковы должны быть оптимальные формы государственного участия в планировании, поддержке скорейшего сооружения энергетических инфраструктур.

Ответом на эти вопросы должно быть выстраивание и апробация адекватной концепции устойчивого энергетического развития страны, включающей в себя:

1. Разработку перспективной территориальной схемы размещения энергетической инфраструктуры;
2. Выработку широкого спектра стратегий энергообеспечения разных проектов территориального развития с учетом масштабов страны, существенных территориальных различий;
3. Отработку взаимосвязанных схемных решений с управлением риском в энерготехнологических системах городов;
4. Создание специального Кодекса об основах политики обеспечения жизнедеятельности и безопасности страны, определяющего рамочные условия функционирования систем энергообеспечения на основе реализации базовых конституционных прав и свобод.

Заключение

Многие современные техногенные аварии и катастрофы развивались по сценарию, выявленному академиком В. А. Легасовым, при этом очевидна взаимообусловленность технологических, информационных и социально-психологических аспектов в развитии аварий и управлении их последствиями.

Для эффективного управления рисками энерготехнологических систем необходим комплексный анализ данных систем на разных уровнях для нейтрализации возникающих рисков с учетом взаимодействий между компонентами систем.

Проблематика энергетической эффективности и энергобезопасности территориально распределенных систем теплоэнергоснабжения в первую очередь связана с нейтрализацией (управлением) дисбалансами энергии различного потенциала, и в этом качестве могут быть использованы пиковые, аккумулирующие, утилизационные агрегаты.

Концепция устойчивого энергетического развития страны должна включать в себя разработку перспективной территориальной схемы размещения энергетической инфраструктуры, выработку широкого спектра стратегий энергообеспечения разных проектов территориального развития с учетом существенных территориальных различий, отработку взаимосвязанных схемных решений с управлением риском в энерготехнологических системах городов.

При этом абсолютно актуальным является срочная разработка специального Кодекса об основах политики обеспечения жизнедеятельности и безопасности страны (включая законодательство о теплоснабжении, электроэнергетике, энергосбережении и др.), определяющего рамочные условия безопасного функционирования систем энергообеспечения на основе реализации базовых конституционных прав и свобод.

Литература

1. Л. Кайбышева. После Чернобыля. Т. 1—2. М.: ИздАт, 2000 г.
2. А. Киселев, К. Чечеров. Процесс разрушения реактора на Чернобыльской АЭС // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. 2001 г. № 10—11.
3. В. Легасов. Проблемы безопасного развития техно-сферы // Коммунист. 1987. № 8.
4. С. Переслегин. Мифы Чернобыля. М.: Яуза, Эксмо, 2006 г.
5. Е. Гашо, А. Зайцев. К созданию технологии самоорганизации социальных процессов в регионах экологических катастроф // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. 1992. № 5.
6. Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС и стратегия реабилитации // Отчет по заказу ПРООН и ЮНИСЕФ при поддержке УКГД ООН и ВОЗ. 2002 г.
7. Е. Гашо. Особенности эволюции городов, промузлов, территориальных систем жизнеобеспечения городов. М.: 2006 г.
8. Л. Смирнова, С. Субботин и др. Поиск решения проблемы инвестиционных волн в энергетике: ресурсно-технологические и экономические аспекты волновых процессов // Бюллетень Центра общественной информации в атомной энергетике. 2008. № 1—2.
9. Ю. Корякин. Окрестности ядерной энергетики России: новые вызовы. М.: Издательство НИКИЭТ, 2002 г.
10. Яницкий О. Н. Россия: экологический вызов. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2002 г.
11. Смирнов В. А. Оценка целостности систем энергоснабжения // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. 1987. № 4. с. 32—37.
12. Е. Гашо, Е. Репецкая. От стратегий и программ к реальному энергосбережению / Сб. трудов семинара «Экономические проблемы ТЭК» Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: Издательство ИМП, 2010.

Сведения об авторе

Гашо Евгений Геннадьевич: кандидат технических наук, доцент кафедры промышленных теплоэнергетических систем МЭИ, автор свыше 200 публикаций по проблемам энергосбережения и энергоэффективности региональных систем и комплексов, участник ликвидации последствий аварии на ЧАЭС

Контактная информация

Адрес: Москва, 111250, Энергетическая 14, каф. ПТС

Тел.: 362-78-89, +7 (903) 016-56-48

E-mail: egasho@gmail.com