WANO

GLOBAL LEADERSHIP IN **NUCLEAR SAFETY**

Атомная энергетика до 2030 года и немного далее

23 сентября 2025 года

Аксёнов Василий Иванович
директор ВАО АЭС-МЦ, к.т.н.

Содержание

Отраслевые цели Курса на Совершенство до 2030 г.

WANO
GLOBAL LEADERSHIP IN NUCLEAR SAFETY

К 2030 году мировой атомной энергетикой будут достигнуты все пять целевых показателей, установленных руководителями предприятий отрасли в 2019 году:

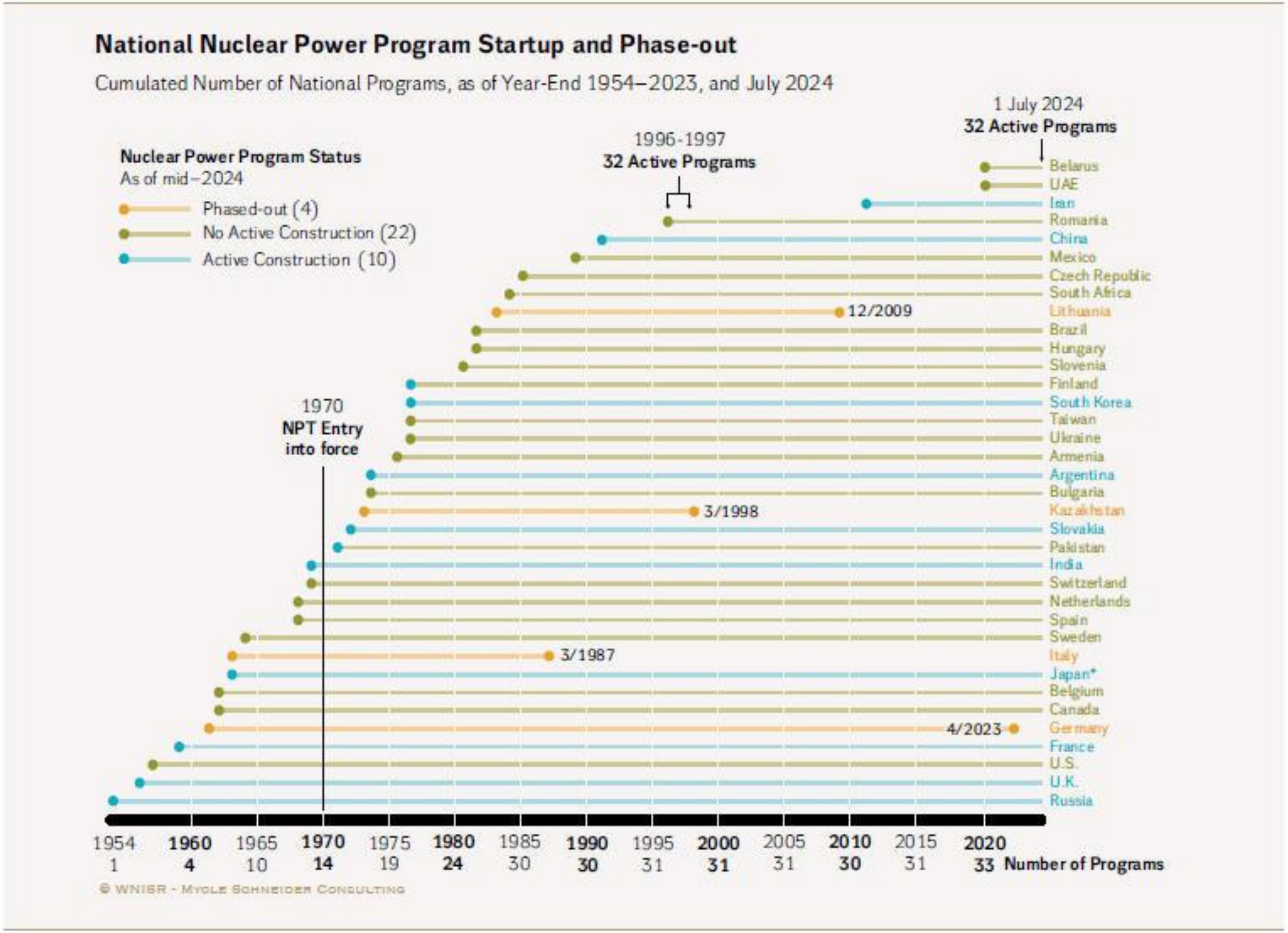
ACTION FOR EXCELLENCE
SHAPING THE NUCLEAR FUTURE
WANO

Безопасно и надёжно работающая, устойчиво развивающаяся отрасль

Сильная, адаптивная и устойчиво развивающаяся ВАО АЭС

1. Эксплуатация АЭС соответствует рейтингу ВАО АЭС 1 или 2; редкое исключение - 3
2. Будет отсутствовать рейтинговая оценка 4 или 5
3. На станциях будут отсутствовать значительные события
4. Все отклонения в эксплуатации будут выявляться своевременно
5. Значение индекса ВАО АЭС на станциях будет более 80 баллов

Figure 1 · National Nuclear Power Programs Development, 1954–2024



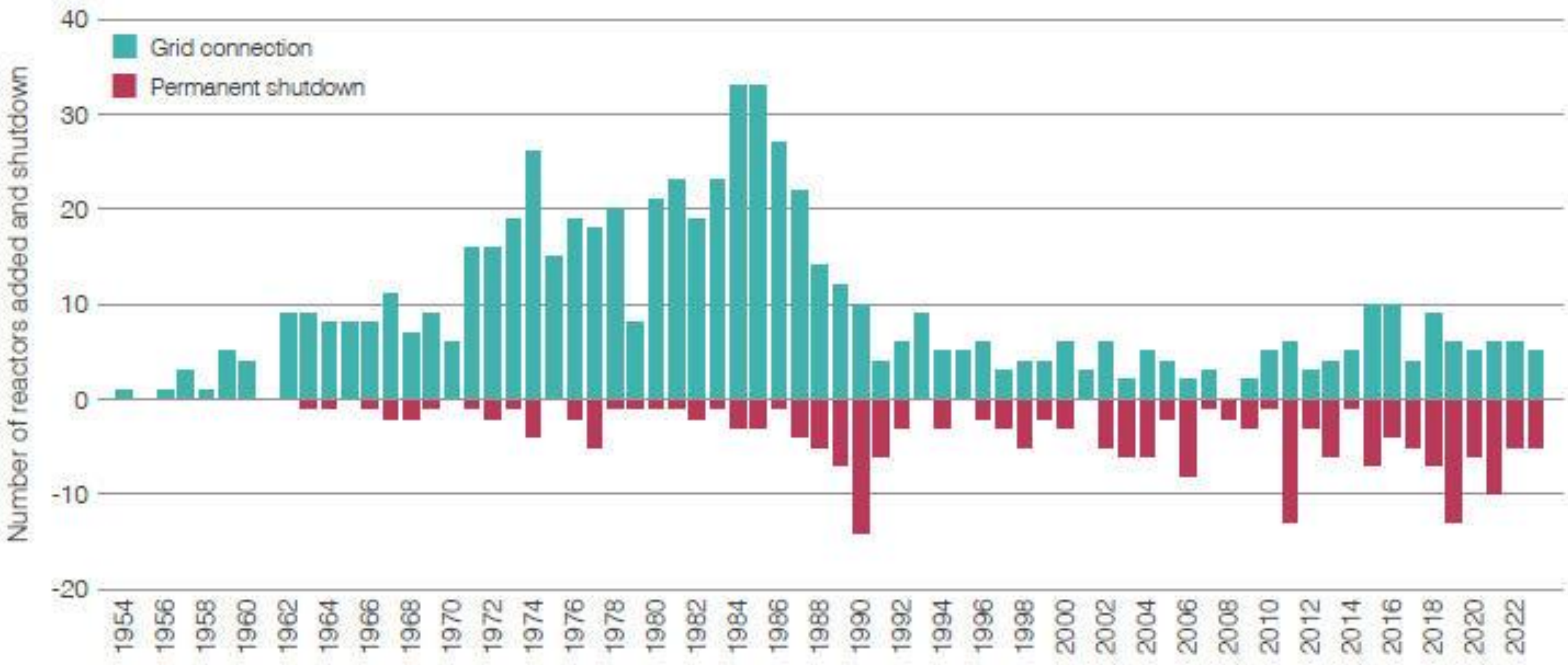
Sources: compiled by WNISR, with IAEA-PRIS, 2024

WANO
GLOBAL LEADERSHIP IN NUCLEAR SAFETY

Развитие национальных программ атомной энергетики, 1954-2024 г.г.

Ввод в работу и вывод из эксплуатации энергоблоков АЭС, 1954-2023 г.г.

Figure 13. Reactor first grid connection and shutdown 1954-2023



Source: World Nuclear Association, IAEA PRIS

Основные тенденции атомной энергетики на ближайшие 10 лет

Сегодня 73% энергоблоков АЭС эксплуатируются с ректорами PWR, 11% - PHWR, 10% - BWR. На остальные типы реакторов приходится 6 %.

Работы по продлению эксплуатации действующих энергоблоков.

Рестарт остановленных ранее энергоблоков.

Количество вводимых в эксплуатацию энергоблоков в ближайшие 10 лет будет незначительным.

Реакторы малой мощности модульного типа не внесут весомый вклад в производство электроэнергии.

Основные тенденции атомной энергетики на ближайшие 10 лет

Сооружение реакторных установок с жидкометаллическими теплоносителями не будет носить массового характера из-за сложности технологий, высокой стоимости сооружения и эксплуатации, а также отсутствия достаточного опыта эксплуатации.

Новые реакторные установки (солевые, высокотемпературные и др.) будут представлены в единичных экземплярах.

Появление гражданских ядерных установок, предназначенных не для целей выработки электроэнергии, за исключением ледоколов и, возможно судов другого назначения, не предвидится.

Основные тенденции атомной энергетики на ближайшие 10 лет

В некоторых регионах в солнечную и ветреную погоду серьезную конкуренцию атомной энергетике составляют солнечные и ветряные источники электроэнергии, включая автономные источники электроэнергии домохозяйств. Ярким примером является Армения.

Определенное количество энергоблоков в мире по разным причинам будут выведены из эксплуатации. Выведенные энергоблоки переходят в управление другим компаниям. Отчеты по результатам обследования строительных конструкций, систем и оборудования, окружающей среды могут быть полезны при проектировании, сооружении и эксплуатации энергоблоков, однако эта информация малодоступна мировой атомной энергетике.

Основные тенденции атомной энергетики на ближайшие 10 лет

Возрастет число новых стран, которые изъявят желание или приступят к сооружению атомных электростанций. Причины, побуждающие страны к развитию атомной энергетики больше не всегда экономические, а геополитические и национальные. Количественно прибавление новых энергоблоков преимущественно будет происходить в азиатских и африканских странах.

Проблемные направления при эксплуатации атомных электростанций

Операторы и оперативное управление

Учитывая то, что постоянно идет смена поколений, приход молодежи следует проводить непрерывное обучение лидерству, культуре безопасности, проведению наблюдений, базовым принципам работы операторов, принятию правильных эксплуатационных решений.

Приход в атомную энергетику нового поколения требует поиска и применения новых форм обучения, основанных на компьютерных технологиях. Следует на полномасштабных тренажерах обучать практическим приемам производства работ и технике безопасности.

Надежность оборудования

На нынешней стадии развития атомной энергетики показатели надежности оборудования проявляются в процессе эксплуатации энергоблоков. Отказы оборудования по причине низкой надежности приводят к происшествиям, в том числе с отключением энергоблоков от сети. Следует глубоко проанализировать ситуацию и внедрять системы постоянной диагностики, разработать и внедрить подход по формированию показателей надежности оборудования для проектировщиков и изготовителей оборудования, организовать обмен по показателям надежности между эксплуатирующими организациями.

Техническое обслуживание и ремонт

От качества технического обслуживания и ремонта оборудования зависит устойчивая и безопасная работа энергоблоков. Многие работы по техническому обслуживанию и ремонту выполняют многочисленные подрядные ремонтные организации. Необходимо определить требования к ремонтным организациям по квалификации и опыту персонала. Следует проводить аудиты качества ремонтных организаций, обучение персонала и постоянный контроль.

Проблемные направления при эксплуатации атомных электростанций

Строительство новых энергоблоков

В отличие от эксплуатируемых энергоблоков на новых площадках АЭС существует дефицит знаний и осознания необходимости обеспечения безопасности уже на этапе строительства нового энергоблока. Будущие эксплуатирующие организации и администрация станции зачастую недостаточно внедряют практики, обеспечивающие качество строительства.

Эксплуатация АЭС

Поскольку проблемные направления в эксплуатации атомных станций диагностированы собственными методиками компаний и методиками ВАО АЭС, необходимо по каждому из направлений подготовить подробные долгосрочные программы реагирования.

Проблемные направления при эксплуатации атомных электростанций

Автоматизация, применение роботизированных комплексов и искусственного интеллекта

Эти области деятельности недостаточно регламентированы надзорными органами. Следует определиться с подходом ВАО АЭС по этим направлениям деятельности.

Прогнозирование с учетом накопленного опыта

Необходимо развивать инструментарий оценки рисков и прогнозирования.

Основные задачи ВАО АЭС в настоящее время

1. ВАО АЭС следует разработать процедуру возвращения в эксплуатацию энергоблоков после длительного простоя включая особые партнерские проверки, по аналогии с подходом, внедренным в Токийском Центре ВАО АЭС.
2. Разработать и внедрение системы корпоративного мониторинга и оценки.
3. Внедрить в ВАО АЭС проведение корпоративных партнерских проверок для компаний, собирающихся впервые эксплуатировать атомные станции или компаний, которые приобретают атомные электростанции.
4. Обучать экспертов ВАО АЭС новым типам реакторов для последующей возможности проведения мероприятий на новых объектах.
5. Проводить непрерывное обучение лидерству, культуре безопасности, проведению наблюдений, базовым принципам работы операторов, принятию правильных эксплуатационных решений.

Основные задачи ВАО АЭС в настоящее время

6. Приход в атомную энергетику нового поколения требует поиска и применения новых форм обучения, основанных на компьютерных технологиях.
7. Обучение нового поколения персонала АЭС требует большей подготовки на натурных полномасштабных тренажерах, как для эксплуатационников, так и для ремонтников.
8. Разработать и внедрить подход по формированию показателей надежности оборудования для проектировщиков и изготовителей оборудования, организовать обмен по показателям надежности между эксплуатирующими организациями.
9. Обмен лучшими практиками по техническому обслуживанию и ремонту.
10. С учетом накопленного опыта развивать анализы рисков и прогнозирования в режиме реального времени.

WANO

GLOBAL LEADERSHIP IN NUCLEAR SAFETY

Спасибо за внимание!