



**WANO**

GLOBAL LEADERSHIP IN **NUCLEAR SAFETY**



**WANO**

GLOBAL LEADERSHIP IN NUCLEAR SAFETY

# Цифровая атомная энергетика: надежность, безопасность, человеческий фактор

---

Дмитрий Вадимович Чичикин

Московский Центр ВАО АЭС

Руководитель направления Поддержка новых  
энергоблоков

23-й ежегодная конференция Молодёжного отделения ЯОР  
«Цифровая атомная энергетика: преимущества и безопасность»  
12-13 Октября 2018 г.  
Нововоронежская АЭС, г.Нововоронеж, Россия

# Энергоблоки АЭС в мире

454 энергоблоков в Эксплуатации

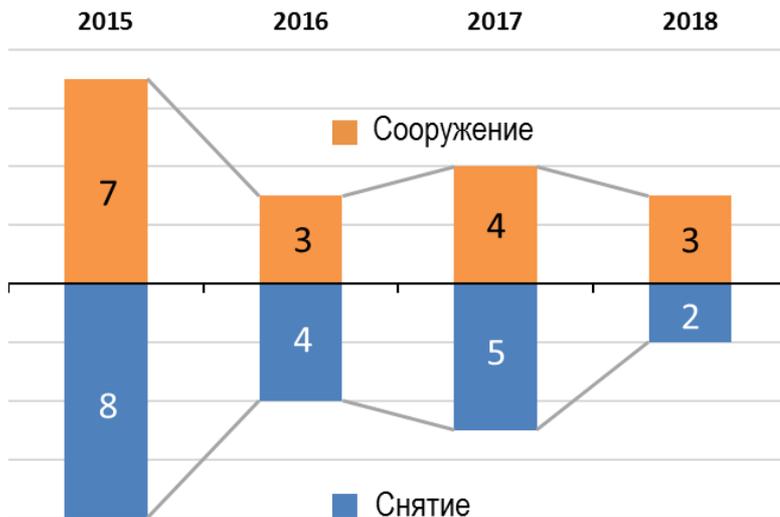
55 энергоблоков в стадии Сооружения

86 энергоблоков Планируется к строительству

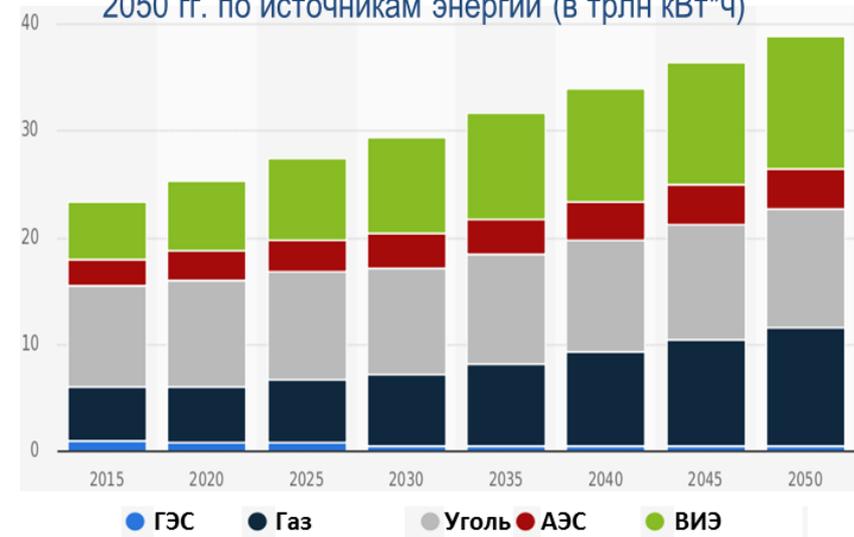
166 энергоблоков Снятых с эксплуатации

328 энергоблоков старше 60 лет должны быть выведены из эксплуатации в период с 2030 по 2050 гг.

Количество сооружаемых и снятых с эксплуатации энергоблоков с 2015 по 2018 гг.



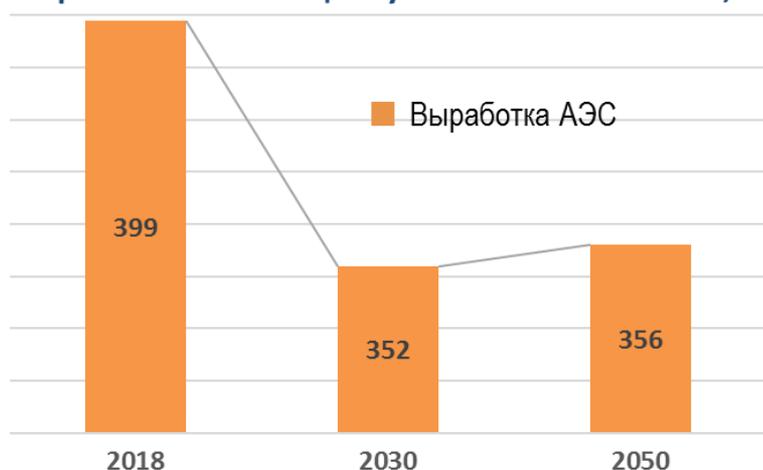
Прогнозируемая выработка электроэнергии в мире с 2015 по 2050 гг. по источникам энергии (в трлн кВт\*ч)



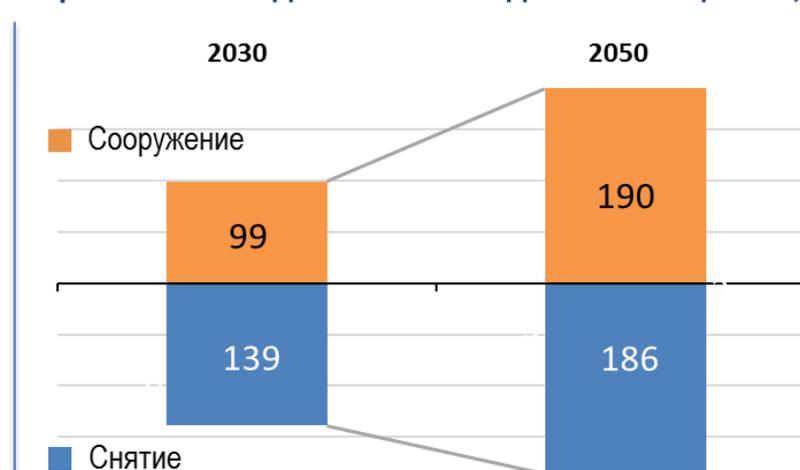
# Мировой потенциал АЭС

- ❑ Согласно прогнозу МАГАТЭ мировой потенциал АЭС может снизиться к 2030 году до 352 ГВт, и к 2050 году стабилизироваться на уровне 356 ГВт. Такое возможно потому, что в указанный период **будет выведено из эксплуатации** большое количество энергоблоков.
- ❑ В период до 2030 года **будет выведено из эксплуатации 139 ГВт** мощностей АЭС и введено только 99.
- ❑ В период 2030-2050 годов соотношение составит соответственно 186 и 190 ГВт.

Прогноз по потенциалу АЭС к 2030 и 2050 гг, ГВт



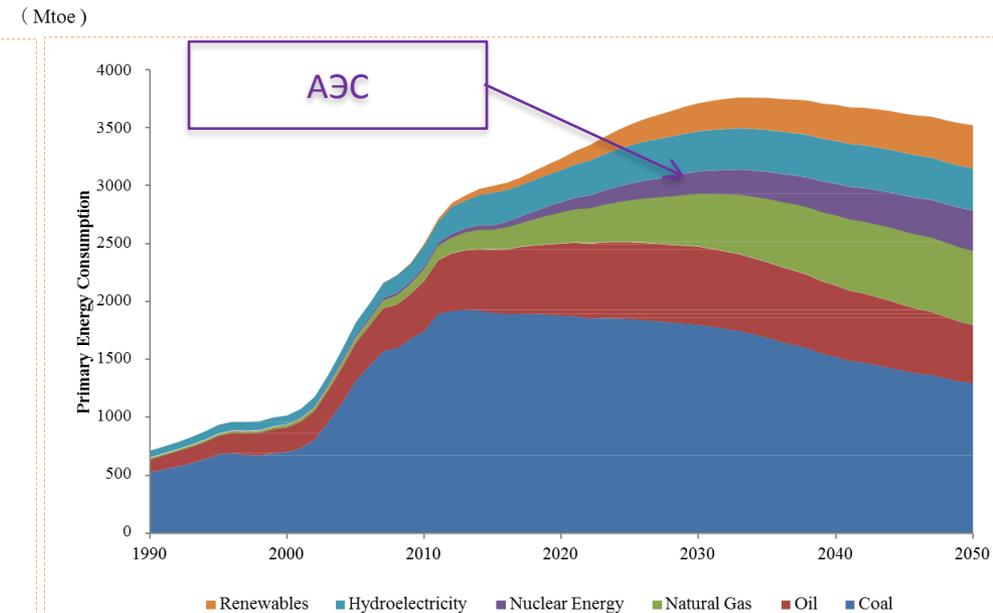
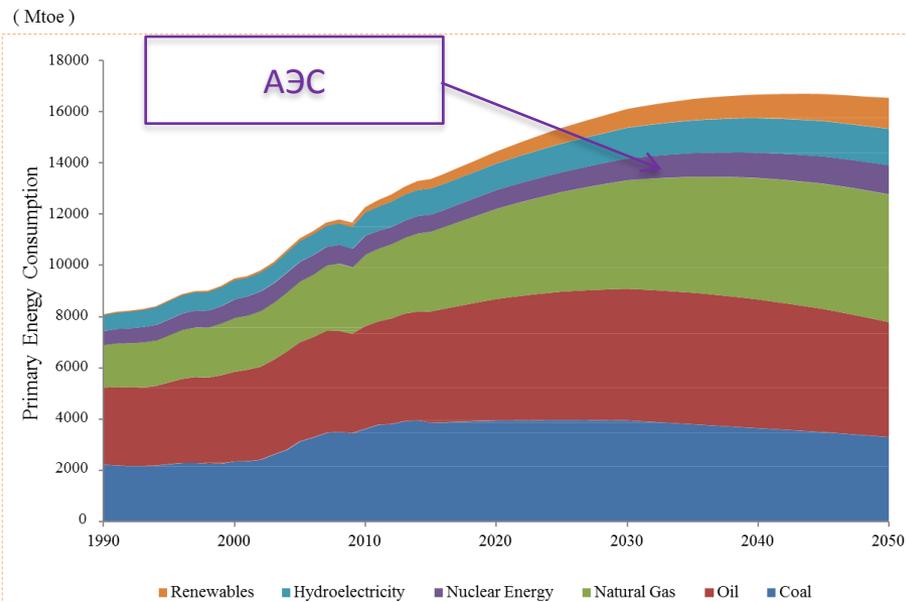
Прогноз по введённой и выведённой мощности, ГВт



# Энергопотребление

## Мировое потребление энергии

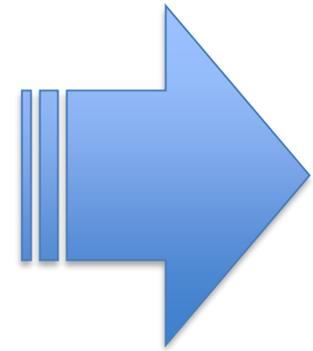
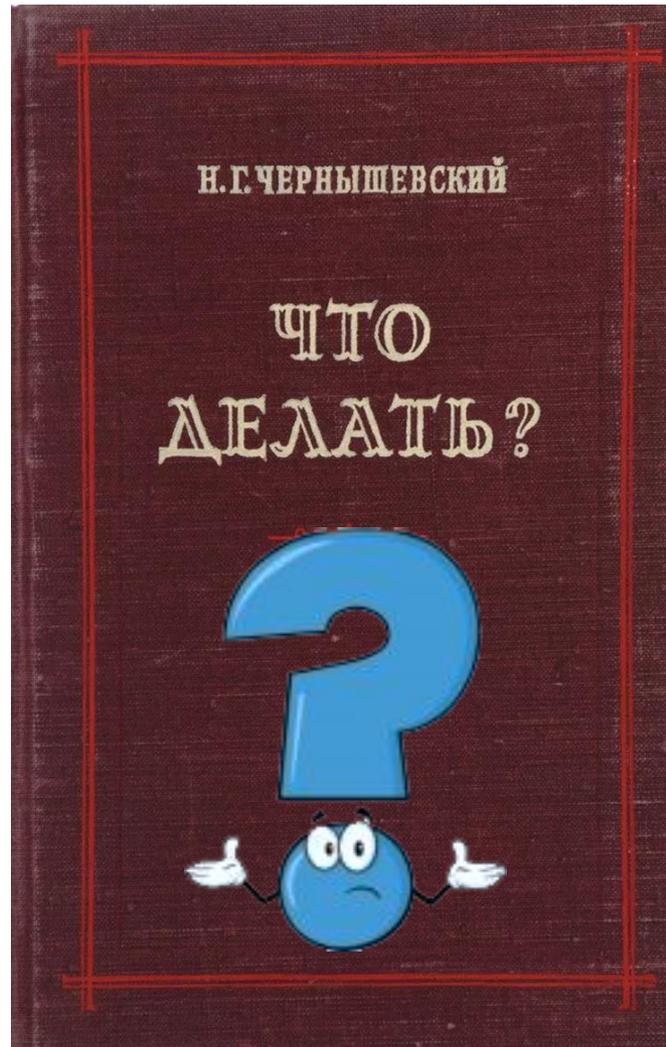
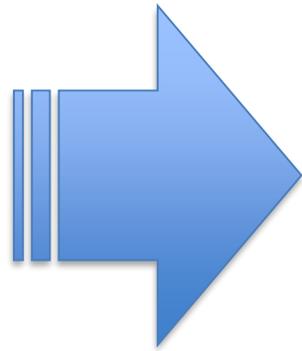
## Потребление энергии в Китае



Источник: Economics&Technology Research Institute (CNPC ETRI) 2017

# Извечный вопрос

---



# Цифровая трансформация

**Цифровая экономика** – экономическое производство с использованием цифровых технологий. Условие для перехода к следующему технологическому укладу (индустрия 4.0)



**Цифровая энергетика** – часть цифровой экономики.

**Цифровая трансформация** атомной энергетики (АЭ) – процесс перехода «Традиционной» АЭ к «Цифровой» АЭ через реинжиниринг (пересмотр) всех существующих процессов с внедрением цифровых технологий.

# Цифровизация в энергосистемах

□ **Цифровизация** — это один из помощников в управлении такими большими объектами, как энергосистема. Прежде всего, это способ обработки большого объема данных, в том числе в онлайн режиме, для оптимального распределения ресурсов.



□ **Цифровизация в энергетике** — инструмент, для оптимизации управления процессом производства электроэнергии в условиях имеющихся ограничений, с широким использованием риск-ориентированного подхода и прогнозных методов управления. Инструмент для повышения эффективности.

# Автоматизация или Цифровизация?



**WANO**

GLOBAL LEADERSHIP IN NUCLEAR SAFETY

Автоматизация



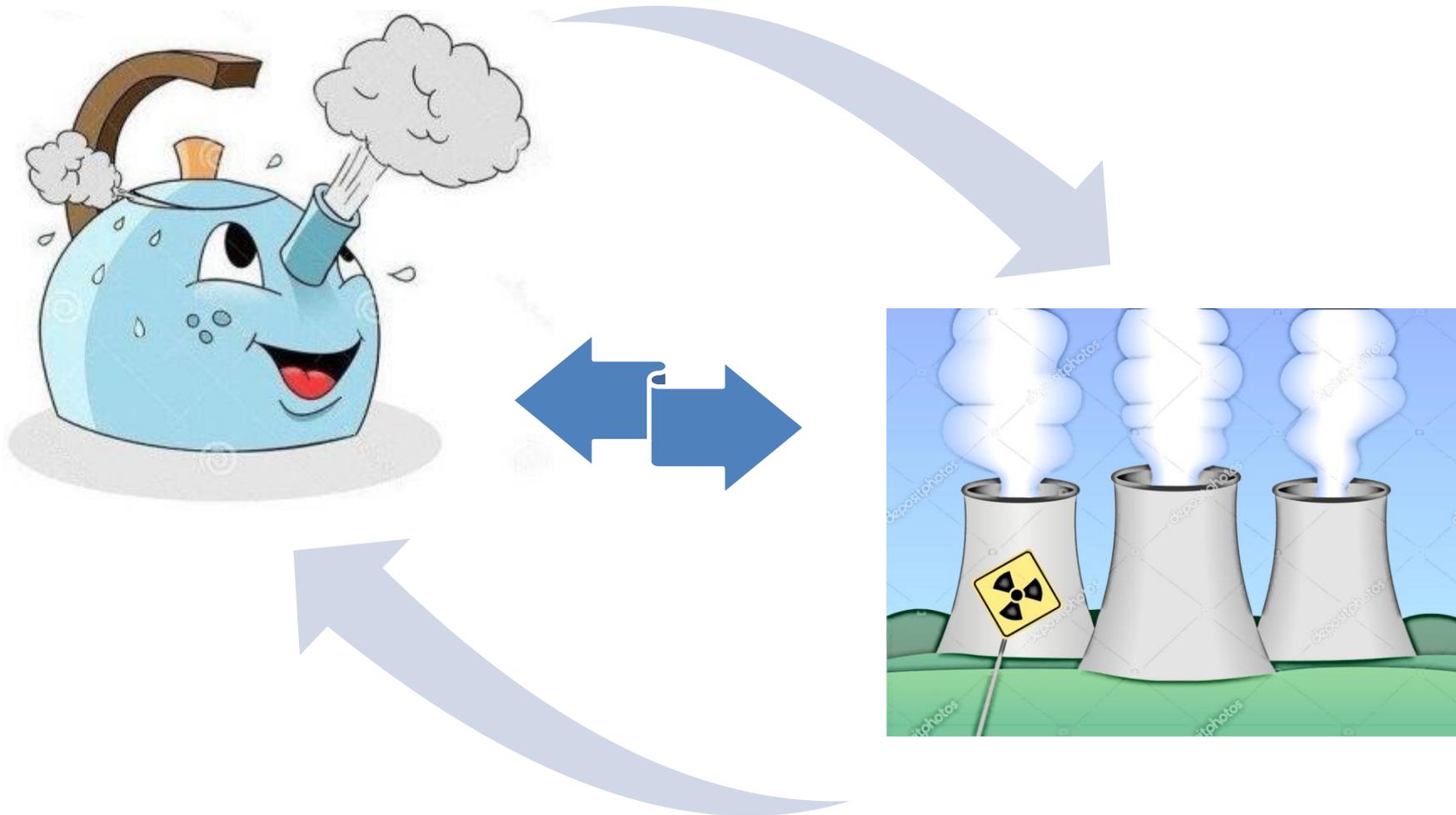
Цифровизация

**Цифровизация** – корпоративный сегмент. **Автоматизация** – технологический сегмент

**Цифровизация** – помогает **Автоматизации**. И наоборот.

Другими словами, текущее состояние автоматизации технологических процессов в отрасли позволяет сделать переход на цифровые технологии эволюционным, а не революционным путем.

# Цифровое будущее в энергетике



# Продукты цифровых технологий

- ❑ Big Data
- ❑ Предиктивная аналитика
- ❑ Smart Grid
- ❑ Цифровые двойники
- ❑ Интернет вещей
- ❑ Умный дом. Умный город
- ❑ Беспилотный автомобиль
- ❑ Аддитивные технологии
- ❑ Нейронные сети. Блокчейн
- ❑ Квантовые компьютеры
- ❑ Искусственный интеллект
- ❑ Промышленные и Боевые роботы

*Квалифицированный Персонал  
– главный, кто будет  
задействован в «цифре»*



# Обратная ситуация

---

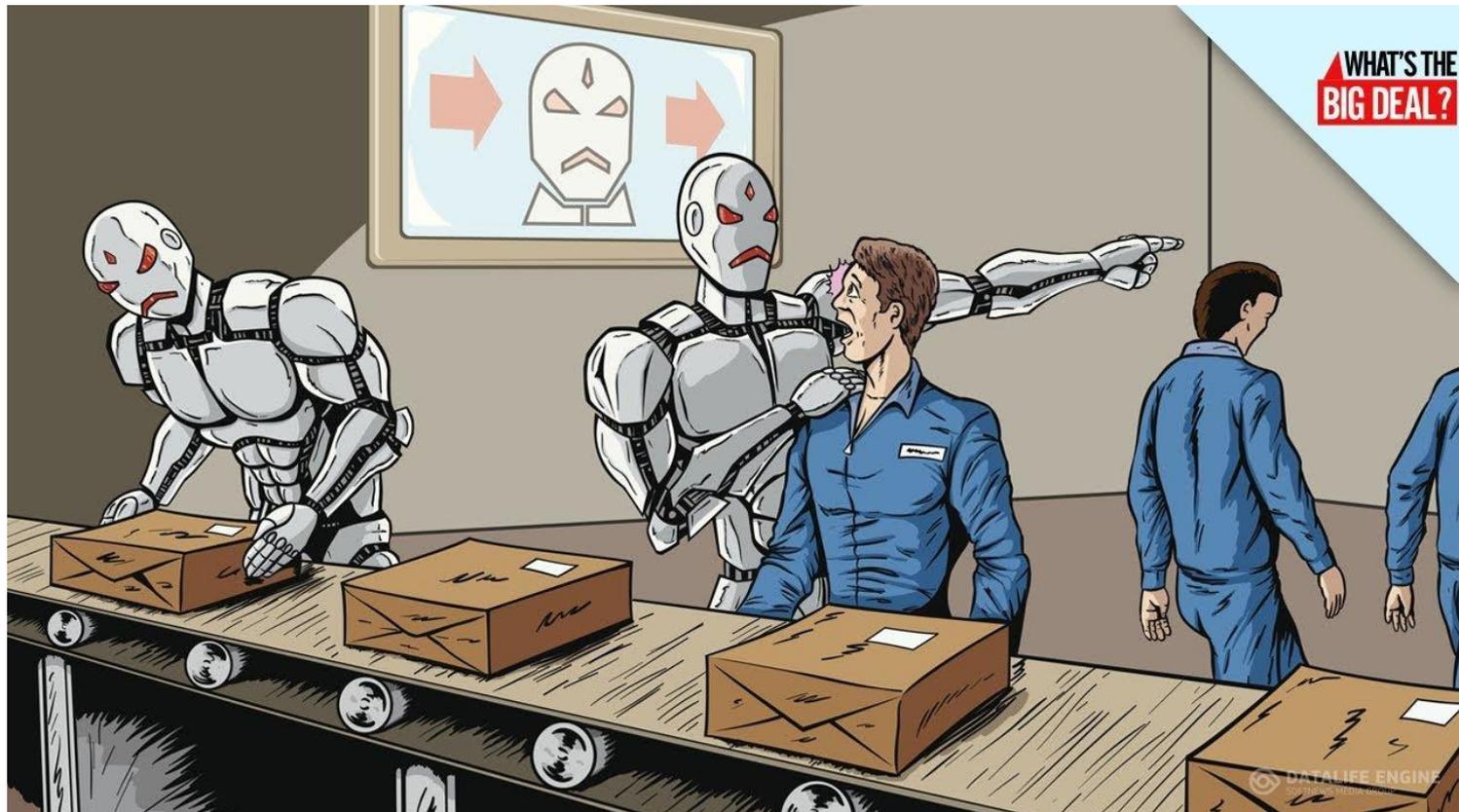


*Цитата: «Развитие цифровизации способно высвободить в РФ «при прочих равных» 12,5 млн занятых к 2030 году».*

*Прежде всего это коснется сферы торговли и ремонта. Из нее в течение 12 лет придется уйти более чем 3 млн работников. На втором месте по высвобождению – обрабатывающие производства: их должны будут покинуть более 2 млн работников к 2030-му. Далее следуют строительство, сельское хозяйство и транспорт: в каждой из этих сфер численность занятых сократится к 2030 году почти на 1,2 млн человек.*

*Источник: Независимая Газета.*

# Последствия цифровизации?

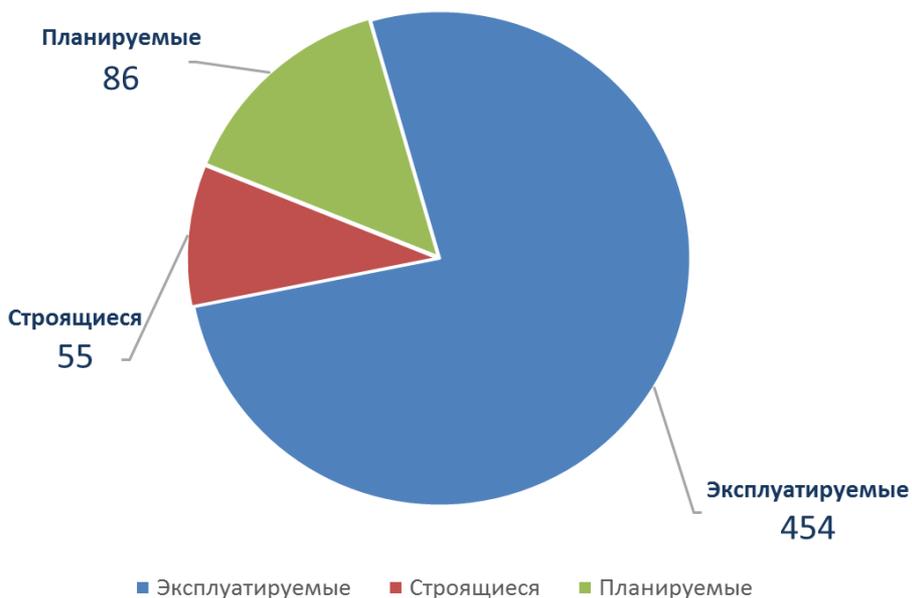


<https://willrobotstakemyjob.com/>

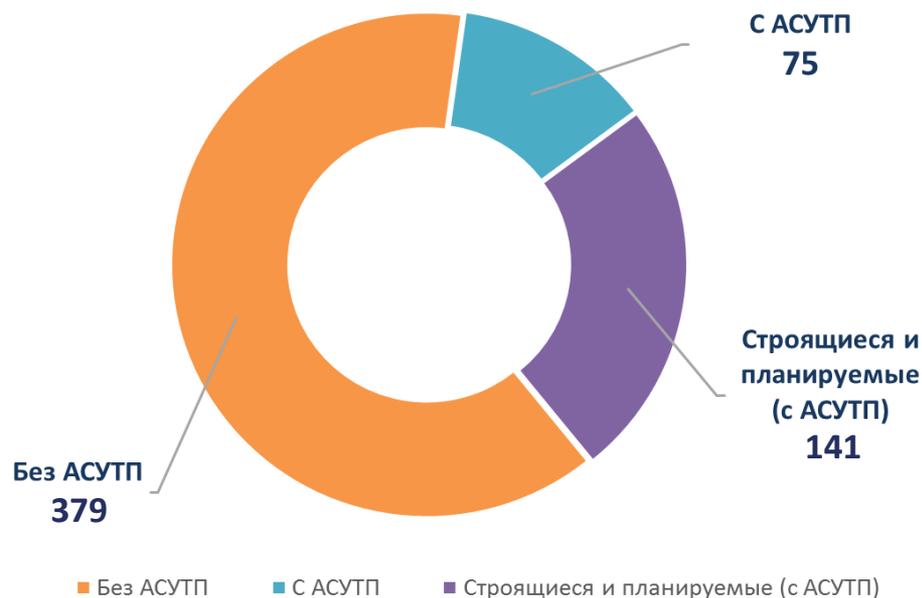
# Цифровизация АЭС

Широкомасштабное замещение аналоговых систем контроля и управления (СКУ) на цифровые

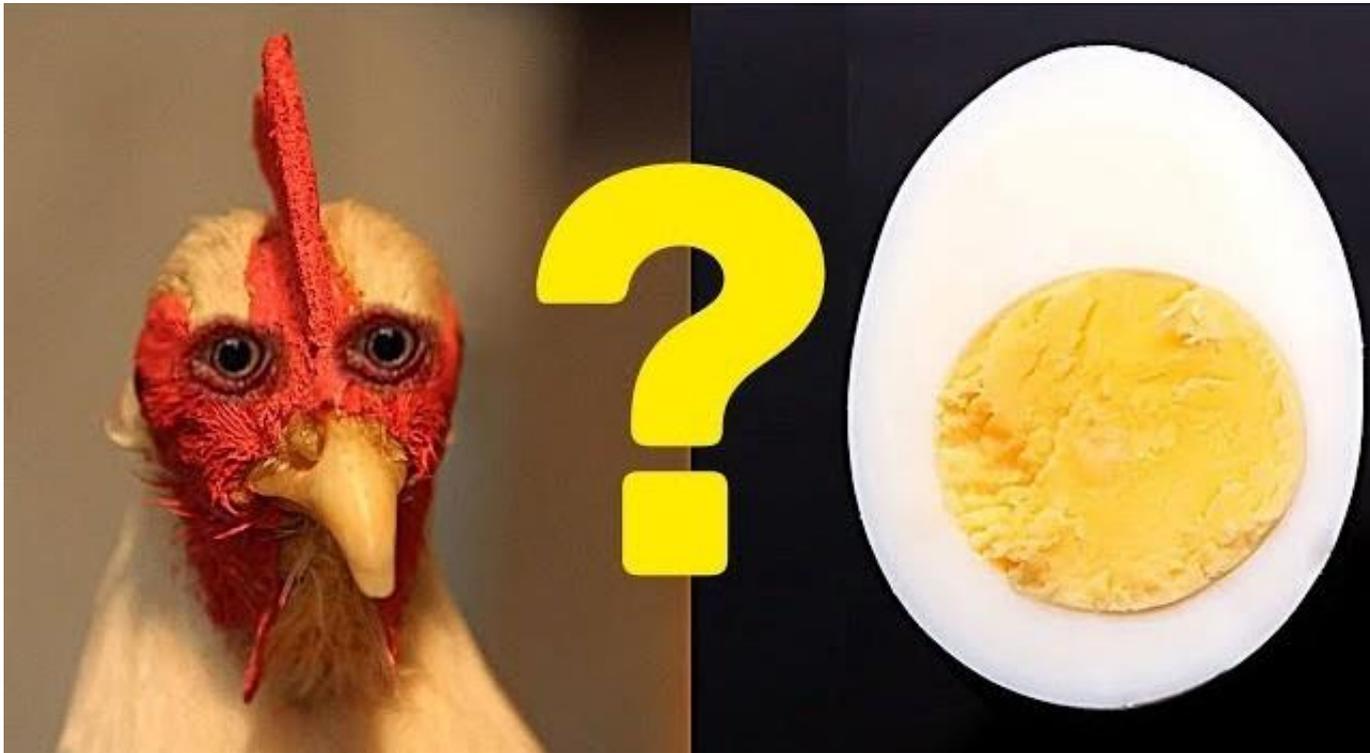
Мировой парк энергоблоков АЭС



Энергоблоки с цифровыми СКУ (АСУ ТП)



Кто “главнее”: Оператор или АСУ ТП?

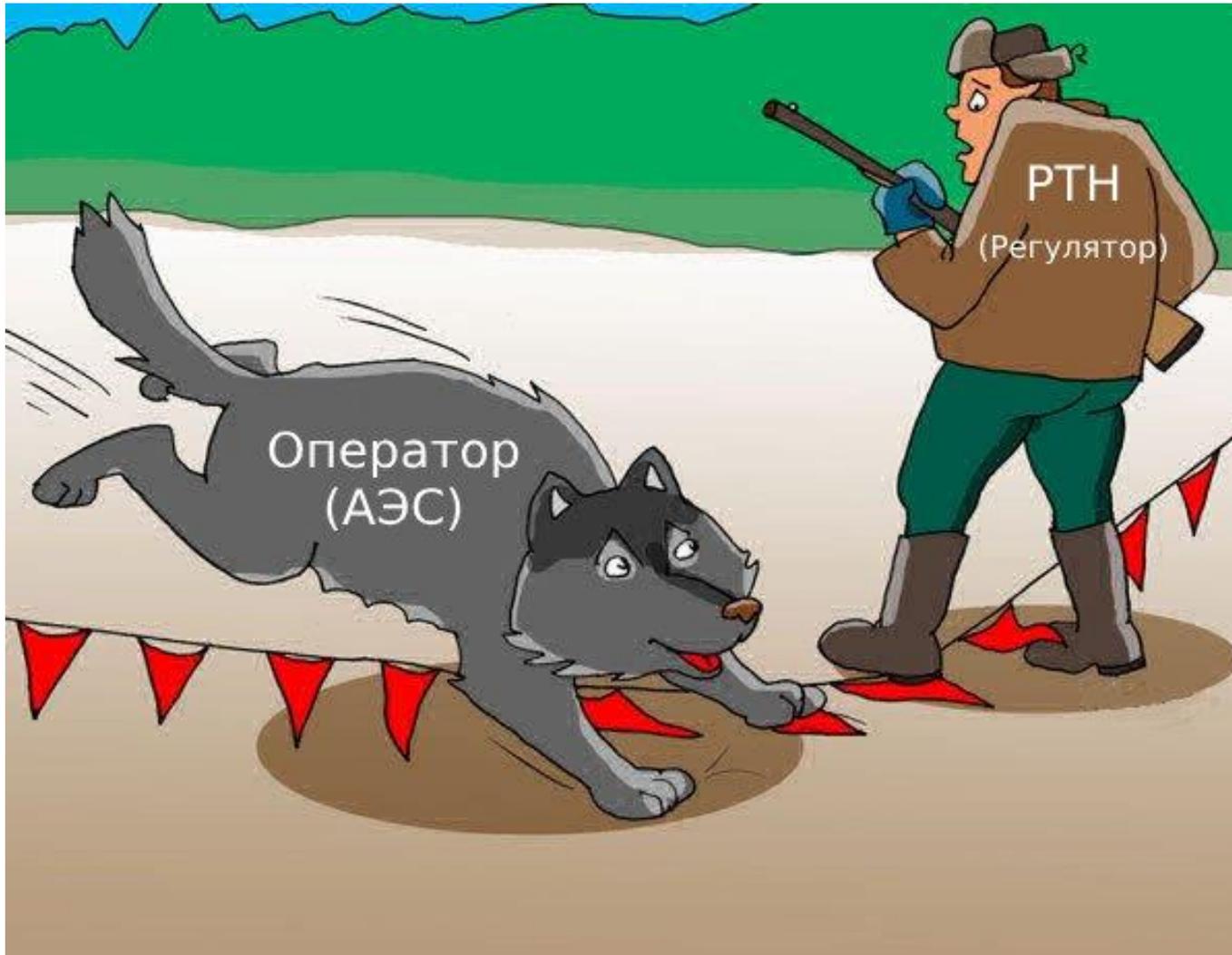


# Цифровизация VS Оператор

- ❑ Рост автоматизации процессов – снижение роли оператора и его влияния на процесс.
- ❑ Для оператора АСУ ТП не должна быть «черным ящиком».
- ❑ Обеспечение надежности алгоритмов, функций систем и программного обеспечения.  
При этом, вероятность отказа компьютеризированных систем  $<10^{-4}$
- ❑ Ответственность за ядерные риски: оператор или цифровая СКУ (разработчик системы или проектная организация)?
- ❑ Любые модификации не должны снижать запасы безопасности (safety margins) и достигнутые стандарты надежности работы АЭС.



# АЭС и Регулирующий орган



# Ключевые моменты

---



- ❑ Атомная энергетика жестко регулируемая область в части предъявляемых условий лицензирования и ядерной безопасности.
- ❑ Риски для успешной работы атомного энергоблока вследствие отказов цифровых СУ с влиянием на ядерную безопасность являются значительными.
- ❑ Безопасность и надежность – основные ориентиры и приоритеты при разработке, поставке и эксплуатации цифровых СУ на атомных энергоблоках.

# Заключение

---

Широкомасштабное внедрение цифровых СКУ на АЭС – новые вызовы обеспечению ядерной безопасности при эксплуатации атомных энергоблоков.



# Спасибо за внимание

---

Дополнительная информация

[www.wano.info](http://www.wano.info)

[www.wanoms.ru](http://www.wanoms.ru)