

# Reaktor VVER-1200 je beranidlo pro západní technologické sankce

☆ [cs.topwar.ru/216359-reaktor-vvjer-1200-taran-dlja-tehnologicheskikh-sankcij-zapada.html](https://cs.topwar.ru/216359-reaktor-vvjer-1200-taran-dlja-tehnologicheskikh-sankcij-zapada.html)

Jevgenij Fedorov

8. května 2023



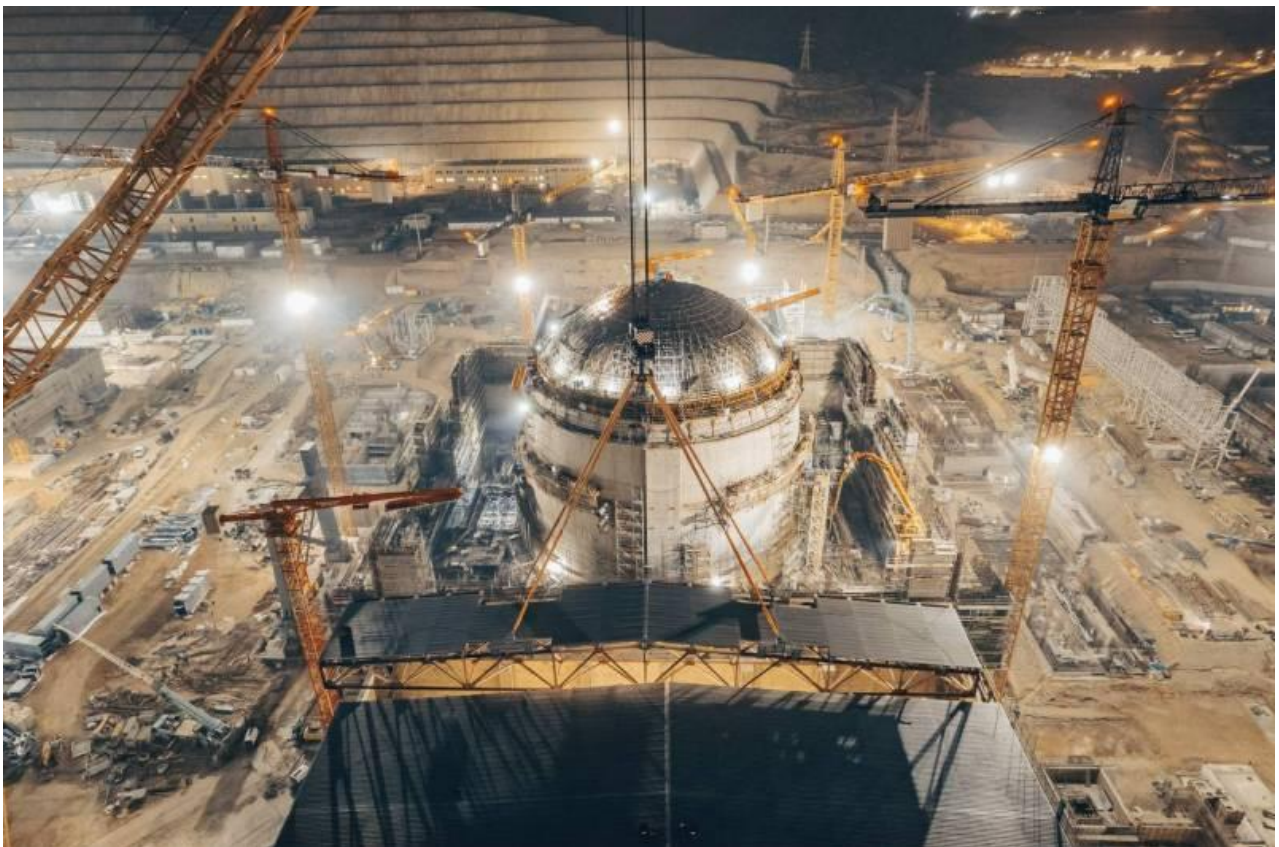
V této podobě by se JE Akkuyu měla objevit v roce 2025. Zdroj: [t.me/akkuyu\\_nukleer](https://t.me/akkuyu_nukleer)

## Turecký gambit

Rosatom udělil Turecku status jaderné velmoci. Hovoříme o první jaderné elektrárně v zemi „Akkuyu“ a tento stav je stále čistě mírový. Přestože nikdo nezrušil přítomnost amerického jaderného arzenálu na základně Incirlik. Odbočme však od politické složky tohoto problému, zejména ve světle dodávek širokého spektra tureckých

zbraně a technologie. Zaměřme se na technickou stránku problematiky a výhody, které stavba turecké jaderné elektrárny Rusku přináší.



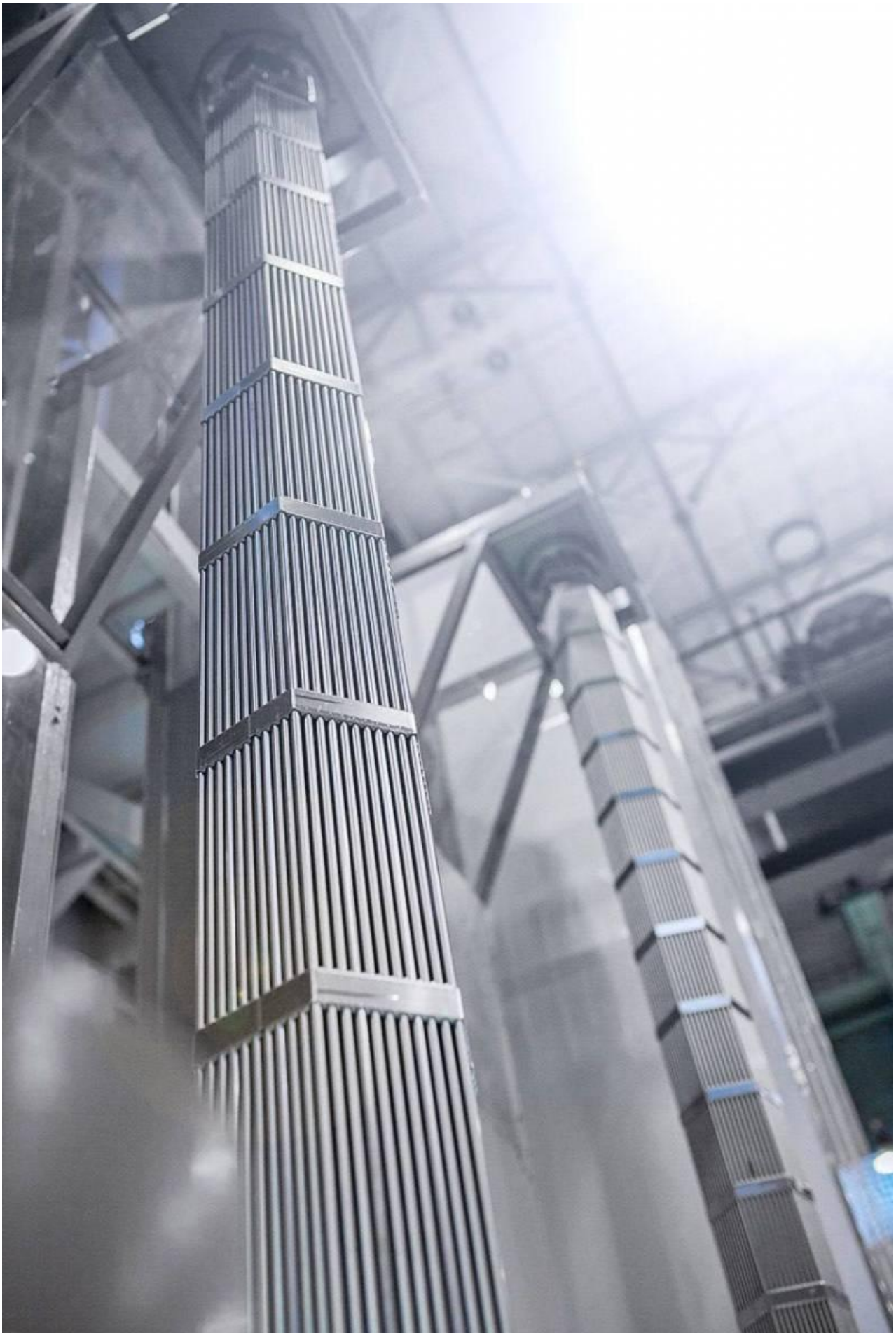




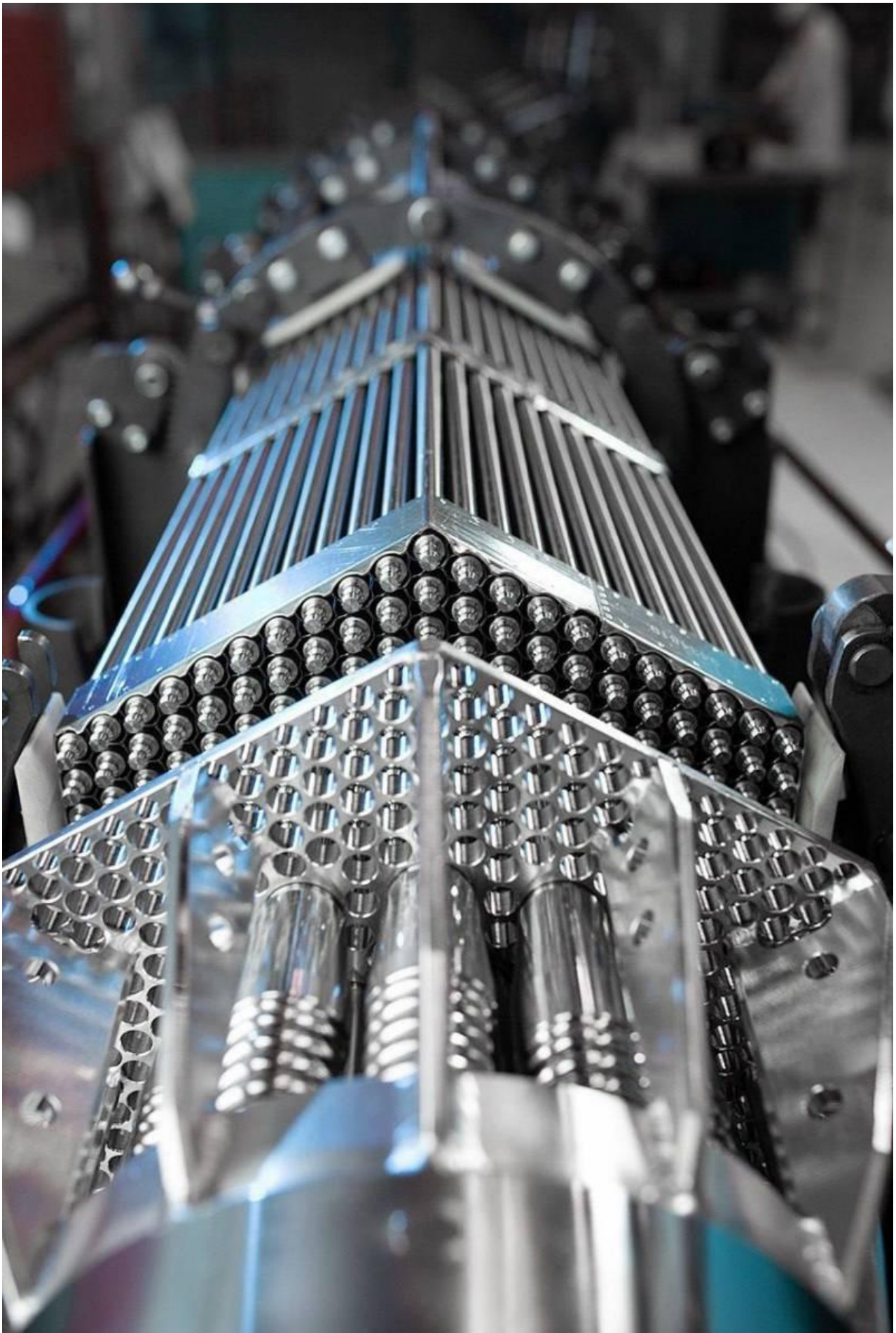
Působivé fotografie rozestavěné JE Akkuyu. Zdroj: [t.me/akkuyu\\_nukleer](https://t.me/akkuyu_nukleer)

Hlavní věc, kterou lze v tuto chvíli konstatovat, je, že technologické kompetence Ruska jsou na světovém trhu žádané. Mezi prvními jsou jaderné reaktory řady VVER-1200. To je takřikajíc hlavním exportním produktem Rosatomu. Kromě Akkuyu, jaderné elektrárny v Bělorusku v oblasti Grodno, egyptská jaderná elektrárna El-Dabaa, maďarská jaderná elektrárna Paks-2, jaderná elektrárna Rooppur v Bangladéši, několik energetických bloků JE Tianwan se dokončují a kolem takových reaktorů se staví dva energetické bloky rozestavěné JE. Xudapu“ v Číně. Reaktory předchozí řady VVER-1000 jsou instalovány v největší jaderné elektrárně v Indii Kudankulam, která bude definitivně uvedena do provozu nejdříve v roce 2025. Pro rok 2023 vypadá takový případ importních projektů ruské společnosti

impozantně. Zejména na pozadí prohlášení jednotlivých importních lídrů o izolaci země od okolního světa. Proč zahraniční zákazníci tolik milují VVER-1200? Na první pohled na tomto produktu není nic výjimečného. Jedná se o typický tlakovodní reaktor nebo podle klasifikace IAEA PWR (tlakovodní reaktory), ve kterém voda plní dvě funkce – moderuje neutrony a přenáší teplo z aktivní zóny reaktoru do turbín. Jsou zajištěny dva okruhy - v jednom se voda pod tlakem 160 atmosfér přehřívá v reaktoru až na 300 stupňů a v kapalném stavu předává energii v parogenerátoru druhému okruhu. Stlačená pára pak pohání turbínu a vyrábí elektřinu. V Akkuyu se staví čtyři reaktory VVER-1200, každý o výkonu 1200 MW. To by mělo stačit na zásobování elektřinou téměř celý Istanbul, přesněji 90 procent potřeb 15milionového města. Rozvoj odvětví VVER v domácím průmyslu se stal obzvláště aktuálním po tragédii v Černobyli, kde explodoval reaktor RBMK-1000 (vysokovýkonný kanálový reaktor). Rozdíl od typu „Černobyl“ od VVER je především v použití grafitu jako moderátoru a absenci druhého okruhu pro přenos tepla. Voda v RBMK prochází horkou zónou reaktoru a poté bezprostředně do turbín. Strukturálně je RBMK navržen pro nízko obohacený (až 3,5 procenta izotopem) oxid uraničitý jako palivo, zatímco VVER-1200 vyžaduje téměř 5procentní obohacení. Ke koncentraci zbraní má samozřejmě daleko (více než 20 procent), ale to přidává na obtížích v provozu. A váže se na ruské zdroje – nyní nikdo na světě neví, jak obohacovat uranové palivo tak efektivně a levně.









4,5metrové palivové soubory reaktorů řady VVER. Zdroj:  
[t.me/akkuyu\\_nukleer](https://t.me/akkuyu_nukleer)

Příležitost znovu odvolat Akkuyu se stala právě v souvislosti s palivem pro budovanou stanici. 27. dubna proběhlo slavnostní zavážení prvního jaderného paliva do reaktoru, kterého se dálkově zúčastnili prezidenti Ruska a Turecké republiky. Nejde zatím o spuštění jaderné elektrárny, ale pro Turecko je to velmi významné – až dosud země nic takového neakceptovala. Palivo pro VVER-1200 se skládá z „jaderných pelet“ o hmotnosti několika gramů, výšce až 12 mm a standardizovaném průměru 7,6 mm. Každá tableta se doslova peče 4-5 hodin při tisíci stupních, čímž se surovina dostane do keramického stavu. Novosibirský závod chemických koncentrátů se zabývá výrobou palivového koncentrátu a zdá se, že podnik nezůstane dlouho bez zakázek. Dále společně s inženýry sestavujeme logickou matricošku. Tablety jsou vkládány do trubkového palivového článku (TVEL) vyrobeného ze slitiny zirkonia striktně 350 kusů. Dále každý z palivových článků tvoří palivovou sestavu - každý obsahuje 313 palivových článků. Aktivní zóna každého reaktoru pojme 163 takových sestav. Vývojáři Akkuyu hodlají dodat první komerční elektřinu v roce 2025.

# ВВЭР-1200 – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОРЫВ В МИРЕ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

### Типы действующих реакторов (по классификации МАГАТЭ)

- LWGR (SWR)** — Газографитный ядерный реактор. Замедлитель — графит, теплоноситель — вода. Реактор обладает низкой энергопроизводительностью при очень высокой температуре.
- BWR** — Водяной ядерный реактор. В качестве замедлителя выступает вода, не имеющая графит. Водяная пара производится в активной зоне, после чего она направляется в турбину.
- PHWR** — Теплообменный ядерный реактор. Замедлитель и теплоноситель — тяжелая вода. Теплоноситель используется для производства электрической энергии в турбине и парогенераторе.
- GCR** — Улучшенный реактор с газовой теплоносителем. Замедлитель — графит, теплоноситель — углекислый газ. Система предназначена для производства тепла для выработки электроэнергии в котельной (HTS).
- FBR** — Реактор на быстрых нейтронах. Нет замедлителя. В качестве теплоносителя используется натриевая вода. Производство топлива в активной зоне.
- PWR (SWR)** — Водяной реактор с естественной циркуляцией. Замедлитель и теплоноситель — вода. Наличие парогенератора позволяет получать дополнительную тепловую энергию на турбину.

### Соотношение действующих в мире реакторов, шт.

Всего 448

- 3% GCR – 14
- 11% PHWR – 49
- 17% BWR – 76
- 13% ВВЭР различных размеров – 60
- 3% LWGR – 15 (Франция)
- 1% FBR – 3 (Япония)
- 65% PWR – 291 (ВВЭР)

### ВВЭР-1200 – самый современный и безопасный водо-водяной энергетический реактор

Отличается высокой надежностью и технологичностью конструкции. По сравнению с классическими реакторами ВВЭР-1000, отличается большим количеством, в два раза большим сроком службы. Кроме вышесказанного, ВВЭР-1200 имеет следующие преимущества:

- 3200 МВт – Тепловая мощность
- 35,9% – Эффективность КПД
- До 70 МВт/сутки – Максимальная выработка энергии
- 1,5 года – Продолжительность межремонтного периода
- 28 800 МВт – Энергия вырабатывается в сутки одним энергоблоком при 18 часовом тепловом цикле
- 163 км³ – Вместимость теплоносителя (объем)
- 60 лет – Эксплуатационный срок
- 1200 МВт – Энергетическая мощность
- 92% – КПД

Высота корпуса – 11 185 мм (в варианте ВВЭР-1200) | Объем воды в корпусе – 323 тысячи тонн

### Действующие и строящиеся энергоблоки с реактором ВВЭР-1200

- Белорусская АЭС
- АЭС «Фукусима» (Япония)
- АЭС «Эн-Дебен» (Франция)
- АЭС «Сендзю-3» (Япония)
- АЭС «Фукусима-3» (Япония)
- АЭС «Сендзю-2» (Япония)
- АЭС «Сендзю-1» (Япония)
- АЭС «Сендзю-4» (Япония)
- АЭС «Сендзю-5» (Япония)
- АЭС «Сендзю-6» (Япония)
- АЭС «Сендзю-7» (Япония)
- АЭС «Сендзю-8» (Япония)
- АЭС «Сендзю-9» (Япония)
- АЭС «Сендзю-10» (Япония)
- АЭС «Сендзю-11» (Япония)
- АЭС «Сендзю-12» (Япония)
- АЭС «Сендзю-13» (Япония)
- АЭС «Сендзю-14» (Япония)
- АЭС «Сендзю-15» (Япония)
- АЭС «Сендзю-16» (Япония)
- АЭС «Сендзю-17» (Япония)
- АЭС «Сендзю-18» (Япония)
- АЭС «Сендзю-19» (Япония)
- АЭС «Сендзю-20» (Япония)
- АЭС «Сендзю-21» (Япония)
- АЭС «Сендзю-22» (Япония)
- АЭС «Сендзю-23» (Япония)
- АЭС «Сендзю-24» (Япония)
- АЭС «Сендзю-25» (Япония)
- АЭС «Сендзю-26» (Япония)
- АЭС «Сендзю-27» (Япония)
- АЭС «Сендзю-28» (Япония)
- АЭС «Сендзю-29» (Япония)
- АЭС «Сендзю-30» (Япония)
- АЭС «Сендзю-31» (Япония)
- АЭС «Сендзю-32» (Япония)
- АЭС «Сендзю-33» (Япония)
- АЭС «Сендзю-34» (Япония)
- АЭС «Сендзю-35» (Япония)
- АЭС «Сендзю-36» (Япония)
- АЭС «Сендзю-37» (Япония)
- АЭС «Сендзю-38» (Япония)
- АЭС «Сендзю-39» (Япония)
- АЭС «Сендзю-40» (Япония)
- АЭС «Сендзю-41» (Япония)
- АЭС «Сендзю-42» (Япония)
- АЭС «Сендзю-43» (Япония)
- АЭС «Сендзю-44» (Япония)
- АЭС «Сендзю-45» (Япония)
- АЭС «Сендзю-46» (Япония)
- АЭС «Сендзю-47» (Япония)
- АЭС «Сендзю-48» (Япония)
- АЭС «Сендзю-49» (Япония)
- АЭС «Сендзю-50» (Япония)
- АЭС «Сендзю-51» (Япония)
- АЭС «Сендзю-52» (Япония)
- АЭС «Сендзю-53» (Япония)
- АЭС «Сендзю-54» (Япония)
- АЭС «Сендзю-55» (Япония)
- АЭС «Сендзю-56» (Япония)
- АЭС «Сендзю-57» (Япония)
- АЭС «Сендзю-58» (Япония)
- АЭС «Сендзю-59» (Япония)
- АЭС «Сендзю-60» (Япония)

Zdroj: atomic-energy.ru

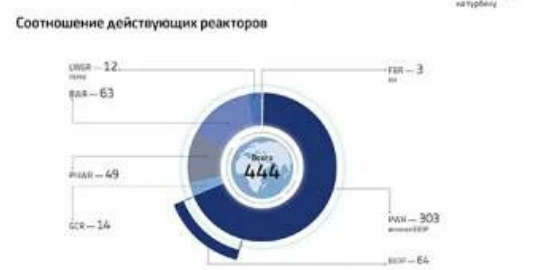
## ВВЭР: технологический прорыв в мире ядерных реакторов

### Типы действующих реакторов (по классификации МАГАТЭ)

- LWGR (SWR)** — Газографитный ядерный реактор. Замедлитель — графит, теплоноситель — вода. Нет парогенератора, пар производится в активной зоне.
- BWR** — Водяной ядерный реактор. Замедлитель — вода, не имеющая графит. Водяная пара производится в активной зоне, после чего она направляется в турбину.
- PHWR** — Теплообменный ядерный реактор. Замедлитель и теплоноситель — тяжелая вода. Теплоноситель используется для производства электрической энергии в турбине и парогенераторе.
- GCR** — Улучшенный реактор с газовой теплоносителем. Замедлитель — графит, теплоноситель — углекислый газ. Система предназначена для производства тепла для выработки электроэнергии в котельной (HTS).
- FBR** — Реактор на быстрых нейтронах. Нет замедлителя. В качестве теплоносителя используется натриевая вода. Производство топлива в активной зоне.
- PWR (SWR)** — Водяной реактор с естественной циркуляцией. Замедлитель и теплоноситель — вода. Наличие парогенератора позволяет получать дополнительную тепловую энергию на турбину.

### ВВЭР-1200 и ВВЭР-ТОИ: самые современные и безопасные реакторы

ВВЭР-1200	ВВЭР-ТОИ
Жизненный цикл	60 лет
Тепловая мощность реактора	3200 МВт
Энергетическая мощность энергоблока	1200 МВт
КПД энергоблока	35,9%
Тепловая мощность реактора	3300 МВт
Энергетическая мощность энергоблока	1255 МВт
КПД энергоблока	37,0%



Zdroj: [old.vestnik-aem.ru](http://old.vestnik-aem.ru)

Vývojáři Akkuyu ujišťují, že 1 gram paliva má obrovskou energetickou náročnost – potenciál stačí na provoz veškerého potřebného vybavení v bytě s 3člennou rodinou po dobu 4-5 let. Pokud to převedeme do běžných kategorií, pak tablet generuje až 1400 kW/h energie a nahradí půl tuny ropy nebo 500 kubíků zemního plynu. Pro příjem jaderného paliva na území jaderné elektrárny byl postaven námořní terminál Vostočnyj. Odtud se bude do Ruska posílat i vyhořelé palivo, které bude sloužit zejména k zavážení rychlých neutronových reaktorů a také k separaci nespálených izotopů uranu 235 a 238.

Ale hlavní věcí v reaktorech VVER-1200 není ani palivo a účinnost, ale bezpečnost - nejvyšší na světě mezi všemi konstrukcemi. Umístění tureckého „Akkuyu“ bylo navíc vybráno na seismicky nejklidnějším místě v zemi. Autoři projektu vypočítali odolnost proti zemětřesení o síle 9 a tsunami o síle 8 stupňů. Každý reaktor stojí na dvoumetrovém základu a stěny jsou jeden a půl metru silné. "Akkuyu" musí bez následků odolat pádu mezikontinentální lodi. Pokud nedojde ke globálním katastrofám, pak bude jaderná elektrárna žít bez větších oprav až 80 let. Pak s největší pravděpodobností stanice konečně morálně i technicky zastará.

Bezpečnost VVER-1200 je zajištěna unikátním autonomním chladicím systémem, který zajišťuje bezpečnost reaktoru, i když je stanice zcela bez napětí, a speciální lapač roztaveného jaderného paliva. Jedná se o velký kužel pod reaktorem, naplněný oxidy hliníku a železa, určený k uhašení gigantické teploty taveniny.

VVER-1200 je nejen úspěšný exportní produkt, ale také design zvládnutý na domácím trhu. Paradoxně v Rusku fungují na takto tlakovodních reaktorech pouze dvě jaderné elektrárny (Leningradská

a Novovoronežská), v zahraničí se najednou staví osm elektráren. Mimochodem, Leningradská JE se připravuje na novou generaci reaktorů VVER-TOI, která už byla naopak testována v JE Kursk. TOI se může do budoucna stát důležitým exportním aktivem, ale to je téma na další rozhovor.

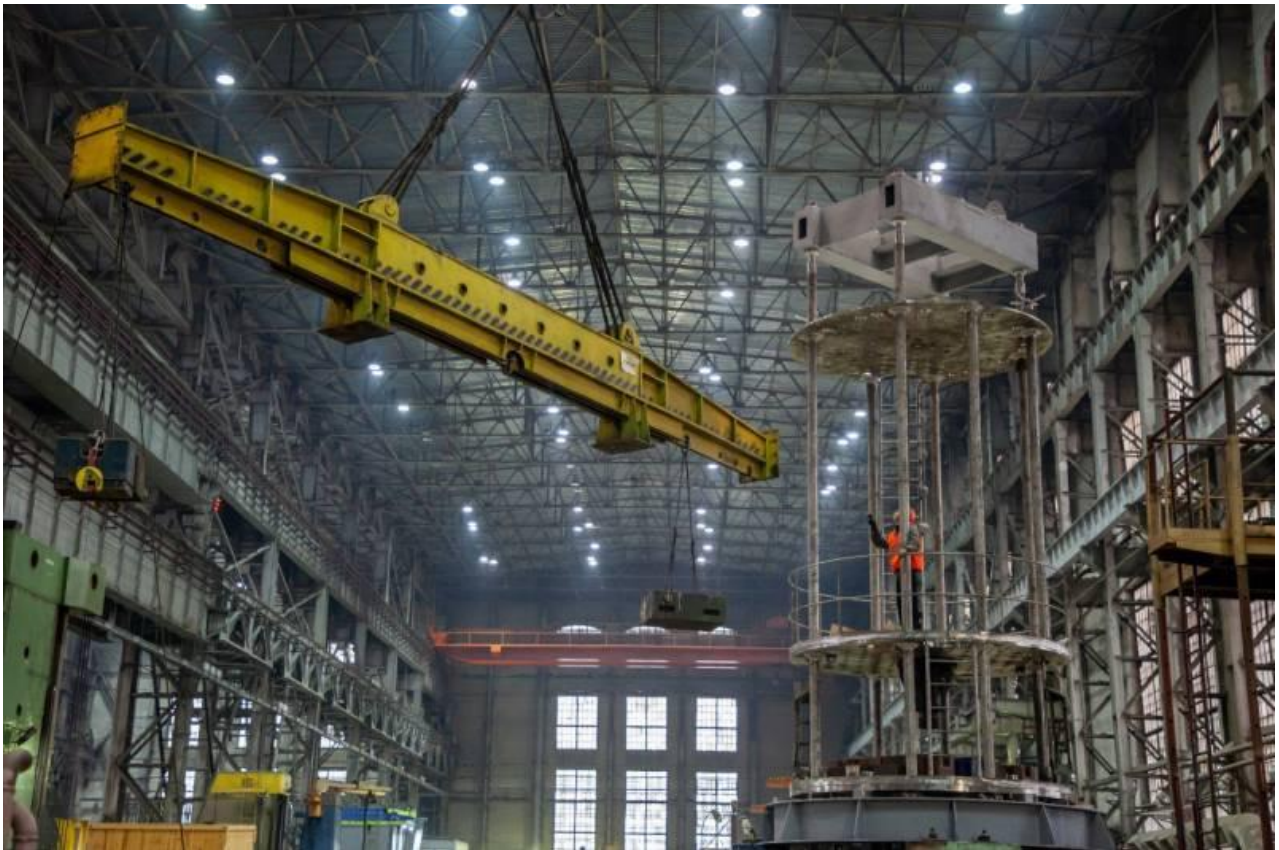
## **Vyrobeno v Rusku**

---

Výstavba Akkuyu v Turecku spustila řetězovou reakci v Rusku. Vzhledem k tomu, že se jedná o zcela tuzemský projekt na klíč, jsou všechny komponenty stavěny u nás. A nejen to – nyní jsou tři ruské univerzity napojeny na vzdělávací program pro turecké specialisty pro jaderný průmysl. Zpočátku školení začalo na NRNU MEPhI a Petrohradské státní polytechnické univerzitě Petra Velikého a v roce 2023 přijme Národní výzkumná univerzita Moskevský energetický institut (NRU MPEI) 40 studentů. A to nepočítám tři sta již vyškolených specialistů z Turecka, kteří již na stavbě Akkuyu pracují. Nedávno MEPhI oznámila přijetí do magisterského programu ve specializaci „Jaderná fyzika a technologie“ pro dalších 25 uchazečů z Turecka.













Komponenty JE Akkuyu smontované v Rusku. Zdroj: [t.me/akkuyu\\_nukleer](https://t.me/akkuyu_nukleer)

Trochu o "tvrdém", který se vyrábí v Rusku pro "Akkuyu". Kromě paliva z Novosibirsku se pro tureckou jadernou elektrárnu budují plošiny pro přepravu bloku ochranných trubek z reaktoru. Dělá to závod Tyazhmash v Syzranu. Mechanismus navržený na 125 tun je určen k odstranění ochranných trubek z reaktoru při výměně jaderného paliva. V Podolsku se staví nízkotlaké ohřívače pro energetické jednotky. Vologda Atommash vyrábí 180tunové tlakovače pro primární okruh reaktoru. A to je malý zlomek z rozsáhlého výrobního programu, který zahrnuje desítky specializovaných podniků Rosatomu.

Velká část exportní složky země závisí na tom, jak úspěšný bude osud výstavby Akkuyu a dalších jaderných elektráren vyrobených v Rusku v zahraničí. Především je to VVER-1200, který je kritickým prvkem elektráren, který funguje jako beranidlo pro západní sankce.

V rozsáhlém seznamu omezení je spousta odmítnutí výstavby jaderných elektráren. Finové zakryli Hanhikivi-1, ruského jaderného paliva se zbavují v České republice, na Slovensku a loni v létě, podle listu Vzglyad, v zemích G7. *vyjádřili svůj společný záměr snížit závislost na civilních jaderných a souvisejících produktech z Ruska, včetně práce na pomoc zemím, které se snaží diverzifikovat své dodavatelské řetězce jaderného paliva*". Nebudou čekat. Pokud lze ropu a plyn ještě teoreticky nahradit, protože toto zboží vyrábí mnoho lidí na světě, pak je to s mírovým atomem stále obtížnější. „Zelená agenda“ svého času odrazovala od rozvoje technologií téměř po celém světě.





Na slavnostním ceremoniálu dodávky prvního jaderného paliva do jaderné elektrárny Akkuyu v Turecku. Zdroj: [t.me/akkuyu\\_nukleer](https://t.me/akkuyu_nukleer)

Z předních západních mocností si v oblasti výstavby jaderných elektráren udržely kompetenci pouze Francie, Kanada a Spojené státy. Spíše zbytkové kompetence. Portfolio zakázek od Kanadčanů z Candu Energy, Francouzů z Framatome a Američanů z Westinghouse je mizivě malé. To znamená, že prostě nebude dostatek specialistů a zdrojů, kteří by „nahradili Rusko“ na světovém trhu. Velcí analytici Západu prostě nemají co nabídnout zemím jako Turecko, Indie, Bangladéš, Čína a kupodivu Saúdská Arábie. Ten, navzdory oceánu ropy pod nohama, hodlá postavit první jadernou elektrárnu v zemi. V prosinci loňského roku podali ruští jaderní vědci přihlášku do příslušné soutěže. Rosatom má navíc na jaro 2023 objednávky na 34 energetických bloků pro zahraniční jaderné elektrárny. A to znamená, že nepřátelé budou muset buď hledat asymetrická opatření, nebo jednoduše sledovat vývoj událostí.

