ROSATOM NEWSLETTER

.01

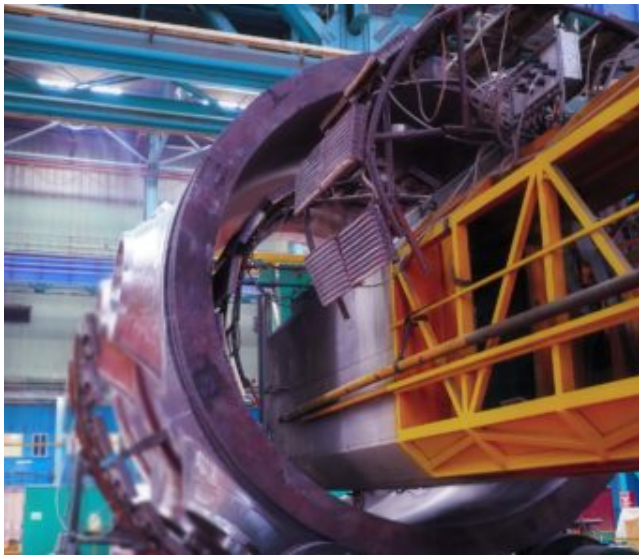
قصص

بدء دوران الشفرات
مصنع التعدين والمواد الكيميائية: تحولات الوقود
أخبار من كودانكولام

.02

اتجاهات

خطوة نحو عصر جديد



.03

الأخبار الإقليمية

الشرق الأوسط. موقع البناء وما بعده

بدء دوران الشفرات

في منتصف يناير، تم تركيب أول توربين رياح في مزرعة نوفولاكسايا لطاقة الرياح، التي يجري تطويرها بواسطة قسم الطاقة المتجددة في روساتوم. يبلغ ارتفاع التوربين 150 مترًا، بينما يصل طول شفراته إلى 50 مترًا. تُعتبر هذه المزرعة خطوة جديدة تهدف إلى تعزيز إنتاج الطاقة من الرياح في روسيا، حيث تعتزم الشركة الروسية أيضًا بناء مزارع رياح في دول أخرى، مستخدمةً مكونات ومولدات وشفرات مصنعة محليًا.

من المخطط أن تحتوي مزرعة نوفولاكسايا لطاقة الرياح على 120 توربينة رياح بإجمالي قدرة تصل إلى 300 ميغاوات. سيتم تقسيم مشروع البناء إلى مرحلتين، حيث سيتم تركيب 61 توربينة في عام 2025 و59 أخرى في عام 2026. ومن المتوقع أن تولد المزرعة نحو 879 مليون كيلوواط ساعة من الكهرباء سنويًا. وقد صرح غريغوري نازاروف، الرئيس التنفيذي لقسم الطاقة المتجددة في روساتوم، قائلاً: "أنا واثق من أن مزرعة نوفولاكسايا ستساهم بشكل كبير في تحسين فعالية قطاع الطاقة الإقليمي، مما يضمن الاستقرار الاقتصادي ورفاهية سكان داغستان".

نظرًا للقدرة المولدة حتى الآن، يعتزم قسم طاقة الرياح في المجموعة النووية الروسية بناء قدرة جديدة تصل إلى 1.7 غيغاوات بحلول عام 2027.

من المتوقع أن تدير روساتوم طاقة رياح تبلغ 1.7 غيغاوات بحلول عام 2027.

كما تتطلع روساتوم إلى تنفيذ مشاريع طاقة رياح دولية، حيث تشمل خطتها التعاقد على مشاريع طاقة متجددة تصل إلى 5 غيغاوات بحلول عام 2030. تتضمن الوجهات الرئيسية لهذا البرنامج دول رابطة الدول المستقلة، بالإضافة إلى تركيا وغيرها.

في مارس 2024، وقعت روساتوم وكازاخستان اتفاقية خلال معرض "أتوم إكسبو" لبناء قدرة ريحية تصل إلى 1 غيغاوات في البلاد. وتُعد مزرعة الرياح بقدرة 100 ميغاوات في منطقة إيسيك-كول بكازاخستان المشروع الأول الذي تنفذه روساتوم في الخارج. وفي سبتمبر 2024، تم وضع كبسولة ذاكرة في موقع المزرعة المخطط لها؛ وفي ديسمبر، وقعت شركة روساتوم للطاقة المتجددة مع الحكومة الكازاخستانية اتفاقية استثمار للمشروع. من المتوقع أن تبدأ أعمال المسح الموقعي وطلب المعدات في النصف الثاني من عام 2025.

عقب ذلك، تخطط الأطراف لتقييم مواقع إضافية لنشر قدرة متجددة تصل إلى 900 ميغاوات.

الاكتفاء الذاتي

من المهم الإشارة إلى أن روساتوم تقوم ببناء مزارع الرياح باستخدام مكونات تُصنع في مصنع روساتوم للطاقة المتجددة في فولغودونسك، روسيا. حتى وقت قريب، كانت هذه المكونات تقتصر على الصناديق والمحاور والمولدات

وأساسات الأبراج فقط. وفي ديسمبر الماضي، تم إضافة الشفرات، وهي عنصر أساسي في توربين الرياح، إلى مجموعة المنتجات. كانت الشفرات تُستورد سابقًا، ولكن يتم الآن تصنيعها في موقع إنتاج في أوليانوفسك، روسيا، وهو جزء من قسم المركبات المركبة في روساتوم. سيتم تركيب هذه الشفرات على توربينات مزرعة نوفولاكسايا، كما ستكون متاحة للعملاء الأجانب.

قال أليكسي ليخاتشيوف، المدير العام لروساتوم، خلال حفل افتتاح مصنع أوليانوفسك: "لدينا عدد من العقود الدولية، لا سيما في كازاخستان، إحدى الدول الأعضاء في الاتحاد الاقتصادي الأوراسي، حيث يسعى شركاؤنا للحصول على تقنيات طاقة الرياح لتحقيق السيادة التكنولوجية في هذا المجال. سنكون سعداء بشحن الشفرات لمزارعهم الريحية. تفكر العديد من الدول الأخرى في بناء ليس فقط محطات الطاقة النووية، بل أيضًا تجمعات للطاقة 'الخضراء"، والتي ستشمل منشآت لتوليد الطاقة من الرياح والطاقة الشمسية".

يتم تصنيع شفرات توربين الرياح وفقًا للخطوات التالية: أولاً، يتم قطع أقمشة الألياف الزجاجية إلى قطع على طاولة القطع، ثم يتم لف القطع لتشكيل أسطوانات. يتم إنتاج أغطية الدعامات بالتوازي، حيث تتكون الدعامة من شريط يتألف من عدة طبقات من قماش الألياف الكربونية يمتد على طول نصف الشفرة.

ثم يتم تشكيل نصفي الشفرة، حيث يوضع قماش الألياف الزجاجية، وأغطية الأعمدة، وعناصر التثبيت لتأمين الشفرة إلى محور المولد (الهيكل) داخل القالب، تليها الشبكات، والأنابيب، وأجزاء أخرى. يُغطى القالب بفيلم، ثم يُفرغ من الهواء ويُملأ بالراتنج. بعد ذلك، تُترك النصفيان ليجفّا. يتم تركيب أعمدة وأنظمة حماية من البرق على أغطية الأعمدة للنصفين الجاهزين، ومن ثم يتم تجميعهما ولصقهما معًا. تُفحص جودة الوصلات باستخدام جهاز كشف العيوب وكاميرا حرارية. بعد الانتهاء من تجميع الشفرة، يتم طحن المحامل الخاصة بتثبيت الشفرات، وتركيب طبقات اللصق، والتحقق من المعايير الهندسية. بعد ذلك، تُغطى الشفرات بمعجون، وتُطلى، وتُوزن، وتُوازن، ثم تُرسل إلى مستودع المنتجات الجاهزة.

تم تكليف تصميم الشفرة من قبل قسم الطاقة الريحية في عام 2016. يبلغ طول الشفرة 51 مترًا، ويزن 8.5 طن، وتتكون بنسبة 90% من المركبات الزجاجية و10% من المركبات الكربونية. تُركب شفرات هذا التصميم على توربينات بقدرة 2.5 ميغاوات التي تنتجها شركة روساتوم للطاقة المتجددة. يتم تصنيع الأقمشة من الألياف الزجاجية والألياف الكربونية المستخدمة في الشفرات في مصنع تابع لقسم المركبات لدى روساتوم. المصنع قادر على إنتاج 450 شفرة سنويًا. تم اختبار الشفرات وفقًا للمعايير الدولية في مركز اعتماد.

مصنع التعدين والمواد الكيميائية: تحولات الوقود

يعرف موظفو مصنع التعدين والمواد الكيميائية (MCP) جيداً كيفية التعامل مع الوقود النووي المستنفد لإعادة تجديده. يحتفل المصنع في شهر فبراير الحالي بعيد ميلاده الخامس والسبعين. يلعب هذا المصنع الفريد، الذي تقع بعض مرافق إنتاجه عميقاً في الصخور فوق نهر ينيسي، دوراً مهماً في تطوير دورة الوقود النووي المغلقة وإدارة المرحلة النهائية للوقود النووي المستنفد في روسيا.

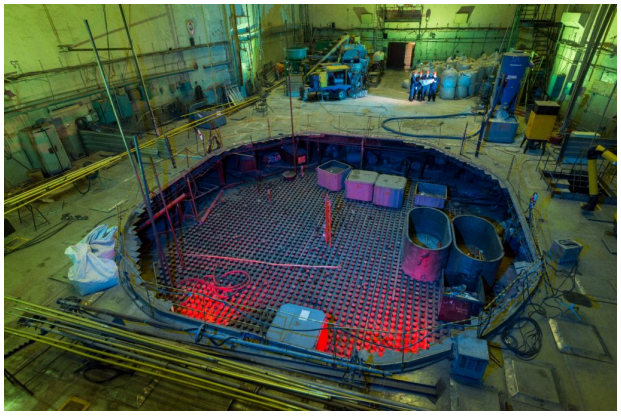
كيف بدأت القصة

تعود جذور تاريخ المصنع إلى 26 فبراير 1950 عندما اعتمد مجلس وزراء الاتحاد السوفيتي قراراً بإنشاء موقع إنتاج نووي تحت الأرض (المجمع رقم 815) في إقليم كراسنويارسك، وأصبح يعرف لاحقاً بمصنع التعدين والمواد الكيميائية.

كان المصنع يعمل بثلاثة مفاعلات من اليورانيوم والجرافيت تم بناؤها تباعاً، والتي تُعرف باسم ADE-1 (1958)، AD (1961)و(1964) ADE-2. كما يحتوي المصنع على منشأة كيميائية إشعاعية لإعادة معالجة الوقود النووي المستنفد واستخراج البلوتونيوم من الدرجة الحربية. وتم اتخاذ القرار بوضع المفاعلات في أعماق الصخور لحمايتها من أي هجوم محتمل.

كانت وحدتا AD وADE-1 مفاعلات ذات غرض واحد تستخدم فقط لإنتاج البلوتونيوم، بينما كان ADE-2 هو أول مفاعل مزدوج الاستخدام في العالم، حيث كان أيضاً ينتج الكهرباء. وكان مرتبطًا بمحطة طاقة حرارية تحت الأرض كانت تزود بلدة زيلينوجورسك المجاورة بالحرارة لمدة تقارب نصف قرن.

تم إغلاق محطة ADE-2 للتقاعد في وقت متأخر من عام 2010. أما بالنسبة للمفاعلين الأولين، فقد تم إغلاقهما في عام 1992. وفي عام 2023، اتُخذ قرار بتسريحهم مع خيار "التخلص في الموقع"، حيث تم ملء المفاعل وبعض المباني المجاورة بمواد حواجز. وقد أنهى هذا القرار حقبة إنتاج واستخراج البلوتونيوم المستخدم في الأسلحة، وهو الهدف الرئيسي الذي سعت إليه شركة MCP خلال القرن العشرين.



في العصر الحديث

تتمثل المهمة الحالية لشركة MCP في تطوير تقنية شاملة لإدارة الوقود المشع الناتج عن مفاعلات الطاقة وإغلاق دورة الوقود النووي. تهدف الشركة هذا العام إلى تشغيل المنشأة الثانية لإعادة معالجة الوقود كجزء من مركز تجريبي لإدارة الوقود المستنفد. تم بناء المنشأة الأولى في عام 2015، وهي تتألف من سلسلة من الخلايا الساخنة ومختبر تحليلي يدرس تقنيات إعادة معالجة الوقود المستنفد وإدارة النفايات.

يقول فاسيلي تينين، مدير سياسة النفايات المشعة والوقود النووي المستنفد والتخريد النووي في روساتوم: "مع وجود المنشأة الثانية، سنكون قادرين على إعادة معالجة الوقود النووي المستنفد على نطاق تجاري. ستتيح لنا هذه التقنية الجديدة في المستقبل التوقف عن تراكم وتخفيف دفن النفايات المشعة، مما يقربنا من نشر تقنيات الطاقة من الجيل الرابع."

على مدى السنوات القليلة المقبلة، سيصبح مركز إدارة الوقود المستنفد موقعًا اختبارياً غير مسبوق عالميًا لتقنيات إدارة الوقود المستنفد. وستستخدم نتائج الاختبارات التي يتم الحصول عليها في تصميم منشآت إنتاجية كيميائية مشعة واسعة النطاق.

من المجالات الأخرى التي تركز عليها الشركة هو إنتاج وقود أكسيد اليورانيوم والبلوتونيوم المختلط (MOX) لمفاعل BN-800 السريع للنيوترونات الموجود في محطة بيلوبارسكايا للطاقة النووية. يوفر هذا الوقود إمكانية استخدام البلوتونيوم كمواد خام لتصنيع وقود جديد يمكن إعادة تدويره لاحقًا. تم إنشاء مرافق إنتاج وقود MOX بين عامي 2011 و2014. وتعمل خطوط الإنتاج بشكل آلي وتوجد ضمن سلسلة من حواجز الحماية الإشعاعية والغرف. ويضمن ذلك توفير شحنات منتظمة من مجموعات وقود MOX لإعادة تغذية مفاعل BN -800. يجب أن يتذكر قراؤنا أن مفاعل BN-800 يعمل بنواة وقود MOX بنسبة 100% منذ عام 2022.

كما تعمل شركة MCP على مشروع ذو أهمية كبيرة للبيئة، حيث يتضمن المشروع تطوير أول مفاعل بحثي بالملح المنصهر (MSRR) في روسيا. يُعتبر هذا المفاعل ضروريًا لتحويل (حرق) الأكتينيدات الثانوية، وهي عناصر مشعة عالية النشاط وطويلة العمر تتشكل أثناء إشعاع الوقود. سيساهم هذا بشكل كبير في تقليل حجم النفايات ومدة نصف عمرها. وقد بدأت أبحاث وتطوير المفاعل بالملح المنصهر منذ عام 2020، وأصبح التصميم المفاهيمي جاهزاً، حيث يقوم الباحثون بدراسة تركيب الأملاح التي ستجمع بين وظائف الوقود ومبرد، وتجريب المواد الهيكلية للمفاعل وأنظمته.

تتمثل مهمة أخرى مرتبطة بتطوير MSRR في إنهاء عملية تخريد مفاعل ADE-2 ومحطة توليد الكهرباء المشتركة تحت الأرض، حيث يتم إعداد موقع المحطة لإنشاء المفاعل الجديد. ومن المتوقع أن يتحول مكان مفاعل ADE-2 إلى متحف لصناعة الطاقة النووية بعد الانتهاء من الأعمال.

آخبار من كودانكولام

في شهر يناير، وصل وعاء ضغط المفاعل لوحدة 6 إلى موقع البناء النووي بالقرب من كودانكولام في الهند. هناك، تبني الهند أربع وحدات طاقة مصممة بنظام روسي، بمساهمة من روساتوم، بينما تعمل وحدتان أخريان منذ زمن طويل. تحتوي كل من هذه الوحدات الست على مفاعل VVER-1000. إليكم آخر المستجدات حول أكبر مشروع بناء نووي في الهند.

تم تصنيع وعاء ضغط مفاعل VVER-1000 (RPV) للوحدة السادسة من محطة كهرباء كودانكولام النووية في مصنع أتوممماش، الذي يعد جزءًا من قسم الهندسة الميكانيكية في روساتوم. تم نقل الـ RPV من فولغودونسك، حيث يقع موقع الإنتاج، بواسطة مركبة خاصة إلى رصيف المصنع ليتم تحميله على سفينة نهرية وشحنه إلى ميناء نوفوروسيسك. بعد ذلك، تم وضعه في حوض السفينة البحرية وسافر مسافة 11,000 كيلومتر إلى موقع البناء.

مشروع محطة كودانكولام النووية مقسم إلى ثلاث مراحل، كل منها تتضمن وحدتين. يقوم قسم الهندسة في روساتوم والشركة الوطنية للطاقة النووية في الهند المحدودة (NPCIL) حاليًا ببناء أربع وحدات طاقة، حيث تعمل اثنتان من وحدات المرحلة الأولى بالفعل.

تقترب أعمال البناء في الوحدة الثالثة من الاكتمال، حيث يقوم العمال بتركيب الأنابيب لأنظمة الأمان والمساعدة داخل مبنى المفاعل. يجري تركيب خزانات التحكم لنظم القياس والتحكم العادية والاحتياطية. كما يتم تجميع هياكل أسطوانات التوربين في قاعة التوربينات. التحضيرات جارية لبدء الأعمال الأولية للتشغيل. تشمل الخطة لهذا العام تنشيط خطوط الطاقة الاحتياطية، وبدء تشغيل محطة تحلية المياه، وغمر منطقة سحب المياه، والذي سيتم من خلال تفكيك مؤقت للسد المؤقت بشكل مُراقب. جميع هذه الخطوات ضرورية لتحضير المفاعل لعمليات الغسيل، والتي من المقرر أيضًا أن تتم خلال هذا العام.

وفي الوقت نفسه، تستمر أعمال البناء بوتيرة سريعة في المبنى الملحق بالمفاعل وقاعة التوربينات، حيث يجري إنشاء الغلاف الخارجي في الوحدة الرابعة. المعدات النووية موجودة بالفعل في موقعها التصميمي، بينما يتم تجميع قفل النقل. من المقرر أن تبدأ عمليات اللحام في أنابيب التبريد الأساسية داخل مبنى المفاعل في الربع الثاني من هذا العام.

بالإضافة إلى ذلك، يعمل قسم الوقود في روساتوم على تنفيذ العقد الخاص بتوفير الوقود النووي للوحدتين 3 و4، اللتين تمتلكان مفاعلات VVER-1000، والتي سيكون لديها فترات إعادة تزويد بالوقود مدتها 18 شهرًا، بدءًا من أول تحميل للوقود.

تتميز وحدات الطاقة في المرحلة الأولى من المشروع بفترة إعادة تزويد بالوقود تصل إلى 12 شهراً. ومع إدخال تصميم وقود متقدم في عام 2022، تم تعديل هذه الفترة لتصبح 18 شهراً.

حالياً، يجري بناء مبنى المفاعل ومبنى مساعد للمفاعل وقاعة التوربينات في الوحدة الخامسة. ومن المخطط هذا العام إنهاء صب الخرسانة للهياكل المحتوية الداخلية حتى مستوى الطابق السفلي من قاعة المفاعل المركزية، بالإضافة إلى تركيب وعاء ضغط المفاعل في موضعه التصميمي.

كما يتم تشييد مباني المفاعل والتوربينات ومبنى مساعد للمفاعل في الوحدة السادسة. ويهدف التخطيط لعام 2025 إلى تركيب معدات حفرة المفاعل، بما في ذلك جهاز التقاط النواة المنصهر، والعوارض المدعومة جانبيًا، والدرع الجاف. ومن المتوقع أن يتم شحن مجموعة من أربعة مولدات بخارية لوحدة 6 في نفس العام.

طاقة موثوقة لجنوب الهند

حققت وحدات المفاعل في المرحلة الأولى إنجازاً مهماً في عام 2024، حيث تجاوز إنتاجها للطاقة 100 مليار كيلووات ساعة في يوليو. وتوفر الوحدتان العاملتان الكهرباء لنحو 50 مليون أسرة في ولايتي كيرلا وتاميل نادو الهنديتين.

للتذكير، تم توصيل الوحدة الأولى بالشبكة الكهربائية في أكتوبر 2013، تلتها الوحدة الثانية في أغسطس 2016.

كثر من 100 مليار كيلووات ساعة هو إجمالي إنتاج الطاقة لدى أول وحدتين من محطة كودانكولام للطاقة النووية

يقول أليكسي جوكوف، نائب الرئيس الأول للبناء في شركة AtomStroyExport: "ترجع فعالية تشغيل محطة كودانكولام للطاقة النووية إلى الحلول التصميمية المثبتة والمعدات الموثوقة وجودة الأعمال الإنشائية والتركيب والتشغيل. كل خطوة، من الهندسة إلى التشغيل، تتم بالتعاون الوثيق والشامل بين مالك المشروع الهندي والمقاول الروسي. يسهم كل طرف بمهاراته الفريدة لبناء منشأة تقنية متطورة وفعالة تلبي أعلى المعايير من حيث الجودة والسلامة".

تُعتبر محطة كودانكولام للطاقة النووية أكبر محطة طاقة في الهند من حيث سعة الوحدة الفردية والإجمالية المركبة. وقد طور المهندسون الروس سلسلة من الحلول التكنولوجية خصيصاً لهذه المحطة، بما في ذلك نظام هيدروليكي لحماية البيئة وتوفير مياه التبريد بشكل مستمر من البحر.

يستمر التعاون بين روساتوم والهند. على سبيل المثال، التقى المدير العام لروساتوم، أليكسي ليخاتشيوف، برئيس الوزراء الهندي ناريندرا مودي خلال زيارته إلى روسيا في عام 2024، واقترح تكاتف الجهود لتطوير الإنتاج المحلي للمفاعلات الصغيرة المعيارية.

خطوة نحو عصر جديد

أصدرت الوكالة الدولية للطاقة (IEA) تقريرًا تحليليًا بعنوان "الطريق إلى عصر جديد للطاقة النووية". ومع ذلك، فإن التقرير لا يخلو من التحيز والتشويه، حيث حاول مؤلفوه جاهدين تجنب الإشارة إلى أنشطة روسيا في بناء قدرات نووية جديدة، بما في ذلك التوليد على نطاق صغير. لذا، سنقوم بإضافة معلومات حول الصناعة النووية الروسية لتكملة التقرير.

الوضع الحالي

يعترف التقرير بأن روسيا والصين هما الأكثر نشاطًا في سوق الطاقة النووية، وهما المحركان الرئيسيان لتطوير هذا القطاع. ومن بين 52 مفاعلًا تم إنشاؤها عالميًا منذ عام 2017، كانت 25 منها بتصميم صيني و23 بتصميم روسي. بالرغم من أن البلدان التي تُعرف تقليديًا بـ "الاقتصادات المتقدمة" تستحوذ على النسبة الأكبر من أسطول المفاعلات النووية العالمية، إلا أنه من المتوقع أن تتجاوز الصين كل من الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي من حيث إجمالي القدرة المركبة بحلول عام 2030.

يوضح التقرير: "لم يكن تجديد هذا الأسطول سهلاً؛ فقد واجهت الصناعة النووية في الدول الرائدة لفترة طويلة مثل الولايات المتحدة وفرنسا تحديات عديدة في السنوات الأخيرة، شملت تأخيرات في المشاريع وتجاوزات في التكاليف لجميع المفاعلات الكبيرة الجديدة." تعكس هذه العبارة أكبر تناقض في التقرير؛ إذ يحاول المؤلفون منح الولايات المتحدة مظهر القيادة، بينما يبقى الوصف دقيقًا فيما يتعلق بالحقائق التي تظهر أن روسيا والصين في المقدمة. يرى المؤلفون أن هذه الوضعية تمثل مخاطر، لكنها في الواقع تمثل فرصة كبيرة لمن يرغبون في العمل مع شركة روساتوم، التي تواصل تحسين تقنياتها وحلولها.

23 من أصل 52 مفاعلًا قيد الإنشاء في جميع أنحاء العالم هي بتصميم روسي.

وفي هذا السياق، قال فاليري كريزانوفسكي، المصمم الرئيسي في OKB Gidropress، تعليقًا على شحن مفاعل VVER-1000 إلى محطة كودانكولام النووية في الهند: "نواصل التقدم رغم موقعنا الواثق في عالم الطاقة النووية. نحن نطور منتجاتنا وحلولنا لجعلها أكثر كفاءة من حيث التصميم والسلامة الفريدة والجدوى الاقتصادية. نقوم حاليًا بتطوير وحدة مفاعل طاقة ستكون أكثر قوة ولها أداء عمليات اقتصادي محسّن، ليتم بناؤها في روسيا ودول أخرى."

إضافات جديدة كبيرة وصغيرة

يعتقد مؤلفو التقرير أن توليد الطاقة النووية سيستمر في النمو في جميع السيناريوهات الثلاثة التي اقترحوها. الأول هو سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، الذي يفترض الحفاظ على السياسات الحالية؛ والثاني هو سيناريو الالتزامات المعلنة (APS)، الذي يفترض أن البلدان والمنظمات ستفي بالتزاماتها؛ أما الثالث فهو سيناريو انبعاثات صافية صفرية (NZE)، الذي يوضح مسارًا لقطاع الطاقة لتحقيق انبعاثات صافية صفرية بحلول عام 2050. يشير التقرير إلى أن "الأسطول النووي العالمي يتوسع في جميع السيناريوهات الثلاثة؛ فمن المتوقع أن ترتفع القدرة الإجمالية من 416 جيجاوات (GW) في نهاية عام 2023 إلى 650 GW بحلول عام 2050 في سيناريو STEPS، وأن تتضاعف لأكثر من الضعف لتصل إلى 870 GW في سيناريو APS، وأن تتجاوز 1,000 GW في سيناريو NZE. تلعب تمديدات العمر الافتراضي دورًا مهمًا في كل حالة، حيث تمثل حوالي 150 GW، أو 20% من القدرة العالمية، في عام 2040 في سيناريو APS".

يتركز ملخص التقرير بشكل رئيسي على المفاعلات المعيارية الصغيرة (SMRs): "يمكن أن تسهم SMRs القابلة للتنافس من حيث التكلفة، المدعومة بدعم حكومي ونماذج أعمال جديدة، في تمهيد الطريق لعصر جديد للطاقة النووية". ومع ذلك، يشير نص التقرير إلى أن SMRs لن تهيمن على صناعة الطاقة النووية في المستقبل، على الرغم من استمرار الاهتمام بها: "تشكل المفاعلات الكبيرة معظم القدرة النووية الجديدة في جميع السيناريوهات؛ في سيناريو APS، يتم بناء أكثر من 500 GW منها من 2024 إلى 2050".

ويجدر بالذكر أن شركة روساتوم تخطط لبناء 38 مفاعل طاقة كبير ومتوسط وصغير في روسيا بحلول عام 2042، مع كون بعض هذه المفاعلات الأولى من نوعها، وستبلغ قدرتها الإجمالية المركبة 29.3 GW.

من بين المشاريع المخطط لها، سيتم إنشاء ثمانية مفاعلات نووية بقدرة 1200 ميغاوات، وسبعة مفاعلات بقدرة 1255 ميغاوات، ومفاعلين بقدرة 1000 ميغاوات، بالإضافة إلى خمسة مفاعلات بقدرة 600 ميغاوات.

سيتم إنشاء 38 مفاعلاً نووياً بإجمالي قدرة تبلغ 29.3 غيغاوات في روسيا بحلول عام 2042.

كما سيتم بناء مفاعلات صغيرة (SMRs). على سبيل المثال، من المقرر تشغيل أول محطة للطاقة النووية في العالم التي تعتمد على مفاعل سريع ذو نيترونات مغمورة بالرصاص، المعروف باسم **BREST-OD-300**. وتعمل شركة روساتوم أيضًا على بناء وحدات طاقة عائمة مزودة بمفاعلات **RITM-200** لتلبية احتياجات الطاقة لموقع تعدين بايمسكي GOK. وتجري التحضيرات في الموقع لصب الخرسانة لأساس محطة الطاقة النووية SMR في منطقة ياقوتيا، مع إجراء تعديلات على الشاطئ لمفاعل **RITM-200**، بالإضافة إلى تنفيذ مشاريع تهدف إلى تطوير محطات الطاقة النووية الصغيرة باستخدام مفاعلات **RITM-400** وSHELF.

علاوة على ذلك، تعتبر روساتوم أول شركة تتوصل إلى عقد تصدير لبناء محطة طاقة نووية صغيرة، حيث سيتم إنشاء ست وحدات طاقة بمفاعلات **RITM-200** في منطقة جوزاك في أوزبكستان. وأخيراً، تزود محطة الطاقة النووية العائمة الوحيدة في العالم "أكاديميك لومونوسوف" مدينة بيفيك في تشوكوتكا بالطاقة والحرارة. هذه الحقائق تؤكد أن روساتوم تحتل موقعاً ريادياً في قطاع المفاعلات الصغيرة النمطية على مستوى العالم.

ارتفاع وانخفاض الاستثمار

على مدار السنوات الثلاث الماضية، شهد الاستثمار السنوي في الطاقة النووية زيادة بنسبة تقارب 50%، ليصل إلى أكثر من 60 مليار دولار أمريكي، مما يشمل الطاقة الجديدة وتمديد عمر الوحدات الحالية. ومن المتوقع أن يرتفع الاستثمار في توليد الطاقة النووية وقدرتها المركبة على مستوى العالم في جميع السيناريوهات الثلاثة، وفقًا للتقرير.

يفترض سيناريو STEPS نموا متوسطا حيث سيرتفع الاستهلاك من حوالي 65 مليار دولار أمريكي في عام 2023 إلى نحو 70 مليار دولار أمريكي في عام 2030. ومن المتوقع أن تشكل المفاعلات الكبيرة الجديدة حوالي 80% من إجمالي الاستثمار في عام 2030، بينما ستشكل المفاعلات الصغيرة 10% فقط. ستستثمر النسبة المتبقية البالغة 10% في مشاريع تمديد العمر وتوسيع القدرة. ومع ذلك، قد يتراجع الاستثمار السنوي في الطاقة النووية بعد عام 2030، خاصة بعد عام 2040، ليصل إلى 45 مليار دولار أمريكي فقط في عام 2050. ويرجع التقرير هذا التراجع إلى انخفاض بناء مفاعلات جديدة في الصين وتقليص الاستثمارات في كل من المفاعلات الكبيرة والصغيرة.

أما في سيناريو APS، فمن المتوقع أن يتضاعف الاستثمار في الطاقة النووية تقريباً على مستوى العالم ليصل إلى

حوالي 120 مليار دولار أمريكي في عام 2030، بما في ذلك حوالي 25 مليار دولار للاستثمار في توليد الطاقة النووية الصغيرة. وبعد ذلك، سيتراجع الاستثمار في كل من المحطات الكبيرة والصغيرة بشكل حاد ليبلغ 60 مليار دولار أمريكي في عام 2050. كما يُتوقع أن تشكل المفاعلات الصغيرة أكثر من ثلث إجمالي الاستثمار في توليد الطاقة النووية بعد عام 2040. ويعزى الخبراء في وكالة الطاقة الدولية الانخفاض المتوقع إلى اقتراب الأنظمة الوطنية للطاقة أو تحقيقها لإزالة الكربون بالكامل بحلول عام 2050، مما يعني أن القدرات الجديدة منخفضة الانبعاثات ستحتاج إلى استثمارات أقل.

في سيناريو NZE، يُتوقع أن يصل الاستثمار إلى 155 مليار دولار أمريكي في عام 2030، ثم ينخفض إلى حوالي 70 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2050. وينسب مؤلفو التقرير هذه الأرقام أيضاً إلى تسريع عمليات إزالة الكربون عبر الأنظمة الوطنية للطاقة بحلول عام 2040.

في جميع السيناريوهات، يمكن أن يؤدي النمو الأقوى من المتوقع في الطلب على الكهرباء إلى تحسين الآفاق للاستثمار المستدام في الطاقة النووية على المدى الطويل.

وفقاً لوكالة الطاقة الدولية، يمكن أن يصل إجمالي الاستثمار في توليد الطاقة النووية بين عامي 2024 و2050 إلى 1.7 تريليون دولار أمريكي في سيناريو STEPS، و2.5 تريليون دولار أمريكي في سيناريو APS، وحوالي 2.9 تريليون دولار أمريكي في سيناريو NZE.

إن الزيادة المرتقبة في الأموال الموجهة إلى الصناعة النووية العالمية تبدو مشجعة، لكن هناك نقطة واحدة يجب مراعاتها. عند مقارنة تقديرات وكالة الطاقة الدولية مع الاستثمارات في قطاعات الطاقة الأخرى، يتضح أن الاهتمام الاستثماري في الطاقة النووية لا يزال منخفضاً جداً. على سبيل المثال، يشير تقرير آفاق الطاقة لشركة BP، الذي نُشر في يوليو 2024، إلى أن الاستثمار في مصادر الطاقة المنخفضة الكربون قد نما بشكل سريع للغاية في السنوات الأخيرة.

لقد شهدت الاستثمارات في الطاقة النووية ارتفاعًا ملحوظًا بنسبة تقارب 50% منذ عام 2019، حيث بلغت حوالي 1.9 تريليون دولار أمريكي في عام 2023. ومن خلال إجراء مقارنة بسيطة للأرقام المتاحة، يتضح أن مساهمة الطاقة النووية في إجمالي الاستثمارات في مصادر الطاقة منخفضة الكربون كانت حوالي 3.4% في عام 2023، كما أن الاستثمار المقدر في الطاقة النووية على مدى 27 عامًا وفقًا لسيناريو STEPS أقل من الاستثمار في توليد الطاقة منخفضة الكربون لعام 2023 وحده.

تم استثمار أكثر من 60 مليار دولار سنويًا في الطاقة النووية على مستوى العالم.

التوصيات قيد التنفيذ

يشير الخبراء في وكالة الطاقة الدولية إلى أن نماذج التمويل التقليدية مثل الشراكات بين القطاعين العام والخاص أو تمويل المشاريع لا تتناسب بصورة جيدة مع تمويل بناء القدرات الجديدة، وذلك بسبب المخاطر المرتبطة بفترات الخدمة الطويلة، والتكاليف العالية، وزيادة النفقات، فضلاً عن فترات الانتظار الطويلة قبل تحقيق عائد الاستثمار. لذا، تحتاج المشاريع النووية إلى دعم حكومي مستمر، خاصةً بالنسبة للمشاريع الجديدة.

لا يمكن التخفيف من مخاطر زيادة التكاليف في هذه المشاريع ما لم تتوفر قدرات إنتاج متطورة، وسلاسل إمداد قوية ومرنة، وعمليات تسليم مشاريع ميسرة، وإنتاج معدات موحدة، بالإضافة إلى كوادر مؤهلة.

ينطبق هذا تمامًا على شركة روساتوم. تمتلك الشركة الروسية للطاقة النووية منشآت إنتاج داخلية قادرة على تصنيع المعدات اللازمة، علاوة على حواسيب قوية وأنظمة برمجية تتيح إجراء حسابات معقدة ضرورية لتصميم وبناء المفاعلات النووية والمكونات والمحاكاة النووية وغيرها.

تعمل روساتوم على تطوير تصاميم جديدة يتم تنفيذها أولاً في روسيا، ثم تُسوَّق لاحقًا وتعرض منتجات جديدة للعملاء في جميع أنحاء العالم. يُعتبر **VVER-1200** مثالًا من قطاع المفاعلات الكبيرة، حيث تم بناء وحدات طاقة تحتوي على هذه المفاعلات في محطات الطاقة النووية في لينينغراد ونوفورونيج في روسيا، وكذلك في بيلاروسيا. كما يتم بناء وحدات بنفس التصميم في روسيا والصين وتركيا ومصر وبنغلاديش. وفي المستقبل القريب، ستبدأ أعمال بناء مفاعلات **VVER-1200** في المجر. ومن الأمثلة في قطاع المفاعلات الصغيرة المعيارية هو **VVER-1200**، الذي يعمل منذ عدة سنوات في كاسحات الجليد من مشروع 22220، ويتم تركيبه الآن في محطات طاقة منخفضة السعة سواء البحرية أو البرية. الخطوة التالية ستكون نشر أنظمة الطاقة من الجيل الرابع التي ستستخدم المفاعلات الحرارية السريعة لإتمام دورة الوقود النووي. وقد صرح المدير العام لروساتوم، أليكسي ليخاتشيوف، خلال منتدى "المعرفة. الدولة" في نهاية يناير قائلاً: "في العقد المقبل، سنبدأ في استخدام هذه التكنولوجيا لبناء وحدات طاقة كبيرة في بلادنا وعرضها على العملاء الدوليين".

تسعى روساتوم إلى تحسين وتطوير تقنياتها وحلولها وموادها لوحدات الطاقة والوقود النووي، من خلال إدخال تقنيات إضافية ومواد مركبة، كما يتم تحسين ثقافة الإنتاج، حيث تُدخل التحسينات، التي غالبًا ما يطورها موظفو روساتوم، في العمليات الإنتاجية والتجارية. وأخيرًا، تُنفذ جهود واسعة لتدريب متخصصين أكفاء في الصناعة، تبدأ غالبًا في المدارس وأحيانًا في رياض الأطفال.

لذا، فإن روساتوم تقوم منذ سنوات عديدة بتنفيذ ما تقدمه وكالة الطاقة الدولية لجمهورها المستهدف.

موقع البناء وما بعده

تتواصل أعمال البناء في جميع الوحدات الأربع لمحطة الضبعة النووية. ويتم إعداد الوحدة الأولى لتركيب وعاء الضغط للمفاعل، والذي يُعد حدث العام. وفي هذه الأثناء، توسع روساتوم تعاونها مع الشركاء المصريين وتساهم في رفع الوعي العام حول الطاقة النووية في البلاد.

في شهر يناير، تم تركيب هيكل شعاعي عند وحدة الضبعة 1. باعتباره جزءًا من جهاز التقاط القلب المنصهر، فإنه يحمل خطوطًا لتزويد الماء وتصريف البخار، فضلاً عن التهوية وتركيب أجهزة القياس وفحص جهاز التقاط القلب.

يزن الهيكل الشعاعي أكثر من 150 طنًا، ويبلغ ارتفاعه 2.6 متر وقطره 11 مترًا. وقد تم تركيب الهيكل بمساعدة رافعة ثقيلة واستغرق ذلك ست ساعات.

"إن وضع الهيكل الشعاعي في مكانه يعد الخطوة الأولى نحو تركيب وعاء الضغط للمفاعل في الوحدة 1، والذي سيكون حدثًا بارزًا في عام 2025."

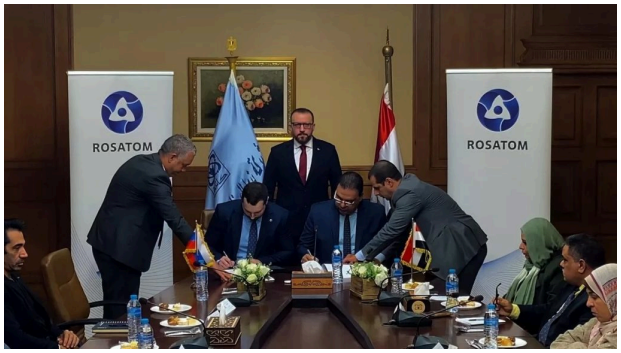
قال أليكسي كونونينكو، نائب رئيس شركة "أتوم ستروي إكسبورت" ومدير مشروع بناء محطة الضبعة النووية: "أود أن أعبر عن امتناني للفريق المصري على جهوده المثمرة والتنسيق الجيد الذي أبدوه".

لقد تم بالفعل تركيب أجهزة التقاط النوى في وحدات المحطة الأربع، حيث تم تثبيت الوحدة الأخيرة في الوحدة الرابعة في أواخر العام الماضي. تُعد أجهزة التقاط النوى جزءًا أساسيًا من تصميم كل محطة للطاقة النووية التي تعتمد على مفاعلات

VVER-1200. وعلى عكس ذلك، فإن تصاميم المفاعلات الأجنبية، حتى تلك التي تنتمي إلى الجيل الثالث وما بعده، تفتقر إلى مثل هذه الأجهزة الأمنية.

زيادة الكفاءة من خلال التكامل

في شهر يناير، وقعت شركة روساتوم مذكرة تفاهم مع شركة "بنها للإلكترونيات"، إحدى أكبر شركات الإلكترونيات في مصر. تتضمن الوثيقة دمج التقنيات الروسية المتقدمة في عمليات الإنتاج داخل الشركة.



وقال مراد أسلانوف، مدير مكتب روساتوم في مصر: "سيساهم هذا التعاون في زيادة الكفاءة التشغيلية، ورفع نسبة المحتوى المحلي، وتحسين جودة المنتجات المصرية وقدرتها التنافسية في الأسواق الإقليمية والدولية".

ستعمل الأطراف المعنية على تطوير خطة شاملة لإدخال التكنولوجيا المتقدمة في الإنتاج المدني، إلى جانب تأسيس مجموعة عمل مشتركة لتحديد أولويات المشاريع المستقبلية. وستتركز الجهود على تحسين كفاءة الإنتاج، وزيادة استخدام المكونات المحلية، وتعزيز جودة المنتجات، وتوسيع فرص التصدير في الأسواق الوطنية والدولية.

وأضاف اللواء المهندس طارق محمد محمود العباسي، رئيس مجلس إدارة شركة "بنها للإلكترونيات": "نعتزم عبر استخدام التكنولوجيا الحديثة أن نتبوأ موقع الريادة في قطاع التصنيع والمساهمة في تحقيق رؤية مصر 2030".

سيمكن دمج الحلول الابتكارية مصر من تحقيق المعايير الدولية في الإنتاج، مما يسهم في التنمية المستدامة وتنويع الاقتصاد.

نشر المعرفة حول الذرات

في أوائل فبراير، شاركت روساتوم في معرض القاهرة الدولي للكتاب السادس والخمسين (CIBF 2025). أتيحت

الفرصة للزوار من جميع الأعمار للمشاركة في ألعاب تفاعلية، واستلام كتب كهدايا، والانضمام إلى جلسات تعليمية للتعرف بشكل أفضل على صناعة الطاقة النووية الروسية التي تحتفل بذكراها الثمانين هذا العام.

كما نظمت روساتوم جلسة عامة بعنوان "الطاقة النووية: من الاستخدامات السلمية إلى القبول العام". حيث ناقش خبراء الطاقة النووية وطلاب الهندسة وزوار المعرض والصحفيون دور الطاقة النووية في التنمية المستدامة، وكسروا بعض الأساطير الشائعة المتعلقة بصناعة الطاقة النووية، وتناولوا الإنجازات الرائدة في مجال التكنولوجيا النووية.

وقال مراد أسلانوف: "على مدى الثمانين عامًا الماضية، اكتسبت الصناعة النووية الروسية خبرة واسعة مكنتها من الريادة في أكثر من مائة مجال واعد".

وفي أواخر فبراير، ستستضيف مصر منتدى دوليًا للشباب حول "التكنولوجيا النووية الخضراء"، تنظمه هيئة محطات الطاقة النووية المصرية بدعم من شركة روساتوم. ومن المتوقع أن يشارك أكثر من 300 محترف شاب وطلاب وخبراء من مختلف الدول في المنتدى. وستجمع جلسة "التكنولوجيا النووية من أجل الإنسانية" مسؤولين حكوميين وقادة في الصناعة النووية وخبراء في الاستدامة لمناقشة الإنجازات العالمية للصناعة النووية والتحديات التي تواجهها. وسيعقب ذلك جلسات موضوعية تتناول التطبيقات غير الطاقية للطاقة النووية، حيث ستركز المناقشات الخبيرة على تأثير التكنولوجيا النووية على التنمية الصناعية وحياة الناس.