

MIR-1200, projekt nejen pro Českou republiku

Pro výstavbu 3. a 4. energobloku Jaderné elektrárny Temelín nabízí konsorcium firem ŠKODA JS a.s., Atomstrojexport a.s. a OKB Gidropress, a.s., projekt MIR-1200 (Modernized International Reactor) založený na projektu AES-2006. Jde o výsledek evolučního vývoje technologie s tlakovodními reaktory typu PWR. V současné době probíhá výstavba sedmi bloků VVER-1000/1200 v Rusku a pěti bloků JE v dalších zemích. Článek blíže popisuje MIR-1200 a přibližuje základní technické charakteristiky energobloku.

Technické ukazatele spolehlivosti a bezpečnost provozu systémů a zařízení primárního okruhu jsou praxí potvrzeny, byla ověřena životnost, zvolené konstrukční materiály i ostatní důležité části projektu.

Projekt byl rozpracován jako pokračování vývoje pro výstavbu jaderné elektrárny ve Finsku. Proto v něm, kromě ruských požadavků na bezpečnost a provoz, byly zohledněny rovněž specifikace finských dozorných orgánů a také finských provozovatelů odrážející zkušenosti ze dvou bloků JE Loviisa s reaktory VVER-440. Zpracování tohoto projektu bylo realizováno ve spolupráci se širokým okruhem předních evropských i amerických firem.

Stav projektu MIR 1200 (AES-2006)

V současnosti je projekt AES-2006 (zpracovaný petrohradským AtomEnergoprojektem a OKB Gidropress) realizován na dvou blocích na břehu Baltu (asi 60 km západně od Petrohradu) a označován jako LJE-2. Začaly práce na zpracování úvodního projektu - PpBZ a PSA pro 3. a 4. blok. Kromě toho je připravena projektová dokumentace pro Baltskou jadernou elektrárnu, která bude postavena v Kaliningradské oblasti, o zahájení její výstavby definitivně rozhodla vláda Ruské federace v září 2009. Základní technické charakteristiky energobloku MIR-1200 jsou uvedeny v tab. 1.

Technologické schéma

Na snímku (dále v textu) je znázorněno principiální technologické schéma energobloku, jenž je ve výstavbě, kde jsou uvedena základní zařízení primárního a sekundárního okruhu, systémů bezpečnosti a systémů napájení vlastní spotřeby. Ve schématu je znázorněna ruská rychloběžná turbína, která je aplikována v rámci projektu LJE-2. V Jaderné elektrárně Temelín může být tato turbína zaměněna za turbínu české výroby nebo za pomaloběžnou turbínu jiného výrobce.

Principiální technologické schéma energobloku

Kromě systémů, které se přímo účastní procesu výroby elektrické energie, jsou na obrázku zobrazeny bezpečnostní systémy (4 × 100 %) určené pro předcházení projektovým haváriím a/nebo omezení jejich následků. Pro napájení spotřebičů bezpečnostních systémů JE se předpokládá systém havarijního elektrického napájení, který zajišťuje spolehlivé napájení ve všech provozních režimech, včetně ztráty provozních a rezervních zdrojů ze sítě. Systém zajištěného (havarijního) elektrického napájení obsahuje autonomní zdroje napájení (diesel-generátory

Tab. 1 – Základní technické charakteristiky energobloku MIR-1200

Název charakteristiky	Hodnota
1. Životnost, let:	
■ jaderné zařízení na výrobu páry	60
2. Výkon energobloku, MW:	
■ elektrický (hrubý)	1 158 ¹⁾ MW _e
■ elektrický (čistý)	1 078 MW _e
■ tepelný	3 200 MW _t
3. Teplofikační výkon bloku	<300 ¹⁾ MW _t
4. Koefficient využití instalovaného výkonu nejméně	>90%
5. Spotřeba elektrické energie na vlastní spotřebu (včetně spotřeby na recirkulační zásobování vodou a potřeb stavby)	7,0 ¹⁾ %
6. Měrná spotřeba tepla (hrubá)	9932,8 ¹⁾ kJ/kWh
7. Účinnost energobloku při provozu turbíny v kondenzačním provozním režimu:	
■ hrubá	36,2 ¹⁾ %
■ čistá	33,7 ¹⁾ %
8. Neplánované automatické odstavení reaktoru, méně než 1/rok	<0,5
9. Doba trvání plánovaných odstávek (výměna paliva reaktoru, plánované práce, plánované opravy) během sedmi let provozu (doba mezi dvěma velkými opravami s demontáží turbínového zařízení činí 8 let) maximálně	4 × po 16 dnech 2 × po 24 dnech, 1 × 30 dní
10. Doba trvání plánovaných odstávek na údržbu každý osmý rok s demontáží turbínového zařízení maximálně	40 dní
11. Počet provozního personálu (měrný), pracovníků/MW	0,35
12. Maximální výpočtová hloubka vyhoření paliva, průměrná dle palivového souboru, pro režim stacionárních překládek paliva	60 MWd/kgU
13. Doba trvání kampaně paliva	4 roky
14. Perioda výměny paliva	12 měsíců
15. Hlavní parametry chladiva:	
Primární okruh:	
■ teplota na vstupu do aktivní zóny	298,2 °C
■ teplota na výstupu z aktivní zóny	328,9 °C
■ průtok chladiva reaktorem	86 000 m ³ /hod
■ tlak na výstupu z reaktoru	16,2 MPa
Sekundární okruh:	
■ tlak páry na výstupu z PG	7,0 MPa
■ parní výkon PG	1 602 t/hod
■ teplota napájecí vody	225 °C
■ vlhkost páry na výstupu z PG	<0,2 %
16. Celková pravděpodobnost:	
■ poškození aktivní zóny	<5,8 · 10 ⁻⁷
■ převýšení kritérií mezního ovlivnění okolí při těžkých haváriích	<2,0 · 10 ⁻⁸
■ celková četnost stavů s těžkým poškozením paliva a narušením hermetičnosti kontejmentu	<3,7 × 10 ⁻⁹
17. Dvojitá ochranná obálka reaktorovny	
Vnější ochranná železobetonová (odolná proti pádu letadla – podle požadavků vojenského nebo velkého civilního)	
■ průměr vnitřní	50,0 m
■ výšková kóta kupole	70,2 m
■ tloušťka (cylindrické části/kupole)	0,8/0,6 m
Vnitřní hermetická železobetonová s regulovatelným předpináním	
■ průměr vnitřní	44,0 m
■ výšková kóta kupole	67,6 m
■ tloušťka (cylindrické části/kupole)	1,2/1,0 m
■ výpočtový přetlak	0,4 MPa
■ výpočtová teplota	150 °C
18. Havarijní systém čištění vzduchu meziobálkového prostoru od radioaktivních úniků zajišťuje čištění minimálně:	
■ elementární jód	99,9 %
■ organický jód	99 %
■ aerosoly	99,99 %

*) Parametry budou upřesněny podle technologie turbínového ostrova vybrané zákazníkem.

a akumulátorové baterie), distribuční zařízení a rozvod.

Bezpečnostní systémy, které jsou realizovány v rámci projektu MIR 1200, jsou postaveny na aktivním a pasivním principu. Část vyjmenovaných systémů plní současně funkce normálního provozu i bezpečnostní funkce.

Kromě bezpečnostních systémů projekt předpokládá speciální technické prostředky určené pro řízení nadprojektových havárií:

- Systém likvidace vodíku v hermetické obálce
- Praktický systém záchytu taveniny
- Systém pasivního chlazení kontejnmentu (4 × 33 %)
- Systém pasivního chlazení parogenerátorů (4 × 33 %)
- Poslední dva pasivní systémy jsou chytrým a praktickým řešením, které nemá alternativu u jiných současných projektů.

Ochrana jaderného zařízení na výrobu páry proti vnějším vlivům

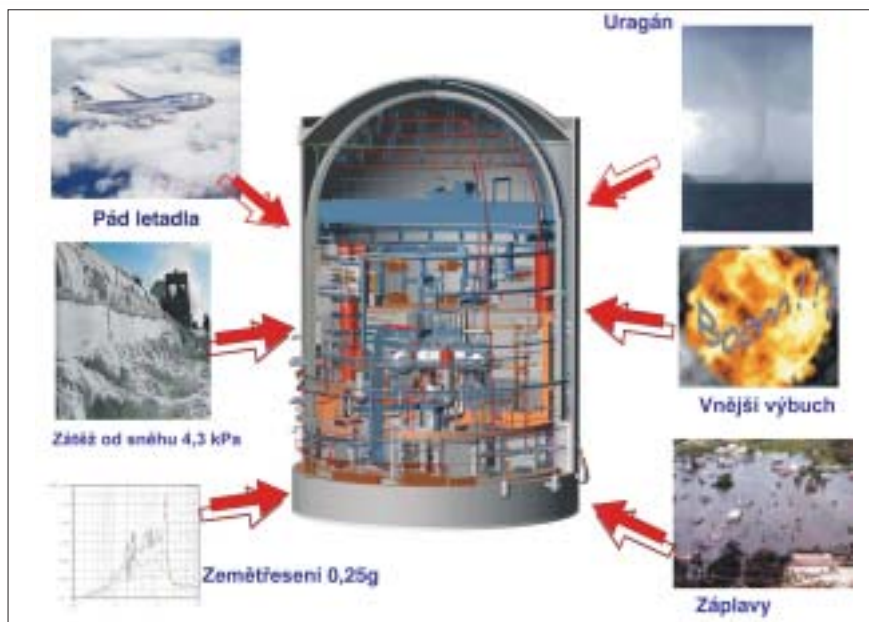
Budovy jaderného ostrova přimknuté ke kontejnmentu či v nevelké vzdálenosti od něj představují fyzické oddělení stavby pro jednotlivé bezpečnostní systémy včetně protipožárních stavebních konstrukcí. Díky optimalizaci vzájemné polohy budov jsou významně zkráceny spoje mezi nimi.

Podélný řez energobloku MIR-1200

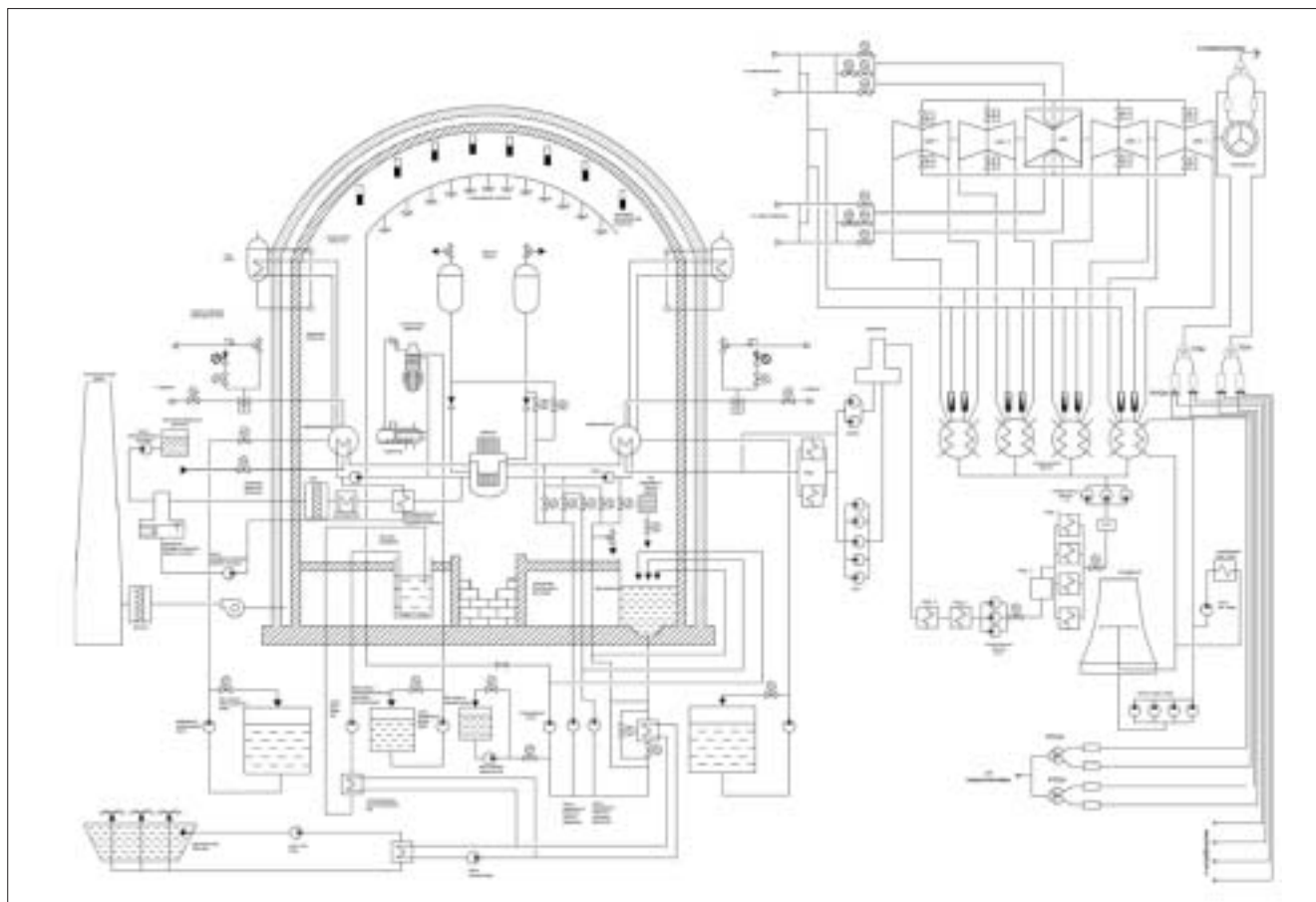
Hlavní režim provozu jaderné elektrárny je provoz v základním režimu na 100 % výkonu.

Tab. 2 - Režimy na podporu regulace frekvence a předávaného výkonu

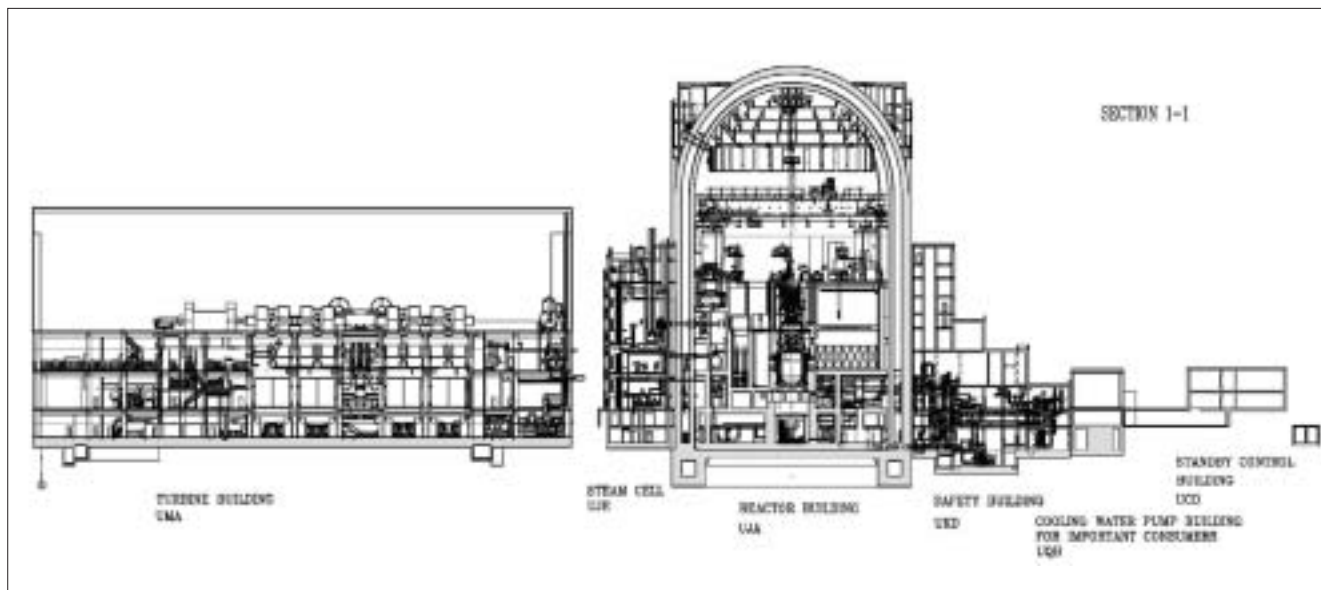
Režim	Povolená četnost za 60 let
Změna výkonu $\pm 2 \% N_{nom}$ a ne více než $\pm 5 \% N_{nom}$ (režim reg. frekvence - primární regulace s rychlostí $1 \% N_{nom}/s$)	7·10 ⁶
Sekundární regulace - rychlost 1 až 5 $\% N_{nom}/min$ při odchylkách od okamžitého stavu méně než $\pm 10 \% N_{nom}$	5·10 ⁶
Terciální regulace - tj. podle plánovaných dispečerských požadavků s rychlostí $< 5 \% N_{nom}/min$ v rozsahu 50 až 100 $\% N_{nom}$	15 000



Ochrana jaderného zařízení na výrobu páry proti vnějším vlivům



Principiální technologické schéma energobloku



Podélný řez energobloku MIR-1200



Rychloběžný turbogenerátor s turbínou LMZ

Zařízení a systémy JE připouští možnost provozu v manévrových režimech regulování výkonu. Blok může podporovat provoz v režimu primární a sekundární regulace frekvence a předávaného výkonu.

Veškeré podstatné komponenty na výrobu páry lze vyrobit v České republice nebo na Slovensku. Reaktory V-491 ve ŠKODA JS, parogenerátory PGV-MKP a tlakové nádoby nejrůznějšího určení ve společnosti Vítkovice, potrubí

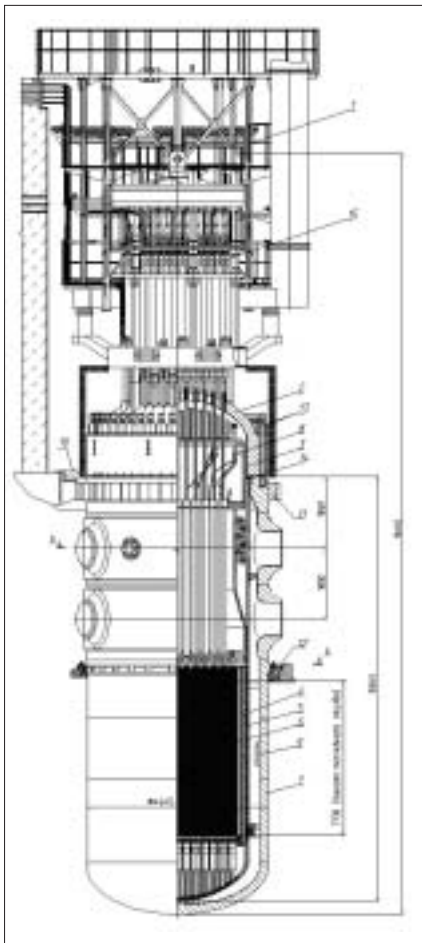
a armatury v Modřanské potrubní, další zařízení v SES Tlmače, vzduchotechnika v ZVZ Milevsko, systém kontroly a řízení v PPA Bratislava nebo v ZAT Příbram, nehořlavé kabely, elektrotechnické komponenty a podobně v různých českých firmách.

V projektu jsou použita další chytrá řešení, jako například hlavní cirkulační čerpadla s bezolejovým mazáním, které odstraní hořlaviny z kontejnmentu.

Turbína

Vhodná turbína (jak rychloběžná, tak i pomaloběžná) může být podle výběru zákazníka. Pro umožnění dodávek zařízení turbínového ostrova od národních výrobců, popřípadě kompletní dodávky turbínového ostrova na klíč, jsou vypracovány požadavky a popis vazeb ze strany jaderného ostrova.

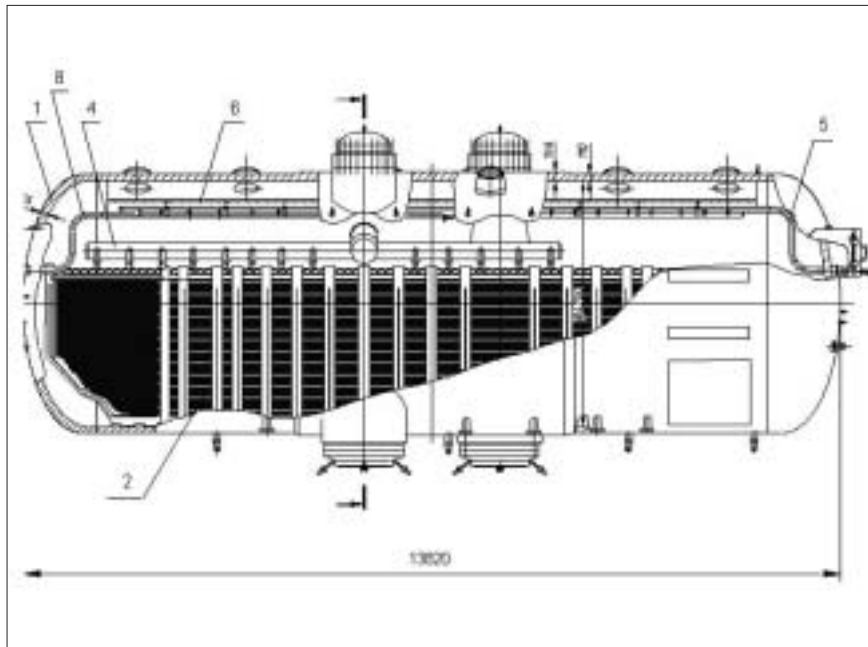
Konsorcium je připraveno nabídnout jak turbínu LMZ, tak i turbínu ŠKODA POWER a.s. případně od jiného výrobce. Výběr bude předmětem diskusí jak s výrobcem, tak i se zákazníkem.



Reaktor V-491

Systém kontroly a řízení

V rámci tohoto stručného popisu je nutné zmínit i digitální systém kontroly a řízení, který



Parogenerátor PGV-MKP

svou architekturou odpovídá nejmodernějším koncepcím. Projekt počítá s tím, že pro řízení bezpečnostně významných systémů bude použit systém některého z renomovaných světových výrobců.

Závěr

Projekt MIR-1200 poskytne uplatnění pro slovenské i české firmy v širokém rozsahu. To se týká pochopitelně dodávek veškerých prací spojených se stavbou od projektu po logistiku, ve výrobě všech komponent, nejen konkrétně již zmíněných, strojních, elektro, systémů a mechanismů

kontroly a řízení, montážních a spouštěcích prací. Totéž se týká i dlouhodobých servisních služeb pro provozované bloky, což je významné i pro jejich provozovatele do budoucna.

Realizací absolutní většiny kvalifikovaných prací v tuzemsku projekt dále přispívá ke zvyšování profesní a vzdělanostní úrovně ekonomiky a mladé generace. Současně garantuje zapojení českých firem do mezinárodních aktivit, projektů a dodávek členů konsorcia.

Ing. Roman Zdebor,
ŠKODA JS, a.s.

MIR-1200, a project not only for the Czech Republic

A consortium of the firms ŠKODA JS a.s., Atomstrojexport a.s. and OKB Hidroprress, a.s. is bidding for the construction of the 3rd and 4th blocks of the Temelín nuclear power plant, the project MIR-1200 (Modernized International Reactor) based on the project AES-2006. It is the result of the evolutionary development of technology by pressure-water reactors of the type PWR. At present, the construction of seven blocks VVER-1000/1200 in Russia is being undertaken, as well as five blocks in other countries. The article describes MIR-1200 in detail and specifies the basic technical characteristics of the power block.

MIR-1200 – проект не только для Чешской Республики

Для возведения третьего и четвертого энергоблоков АЭС Темелин консорциум фирм ŠKODA JS, Атомстройэкспорт и Гидропресс предлагают проект MIR-1200 (Modernized International Reactor), созданный на базе проекта AES-2006. Речь идет о результате эволюционного развития технологий с водо-водяными реакторами типа PWR. В данный момент проходит строительство семи блоков VVER-1000/1200 в России и еще пяти блоков в других странах. Статья подробно рассказывает о проекте MIR-1200, останавливаясь на основных технических характеристиках энергоблока.

