

3. Хрусталеv В. А., Гaриевский М. В., Пoвышение мощности действующих энергоблоков с водо-водяными реакторами: состояние, проблемы и перспективы. // Труды Академэнерго. 2017.-N4.- С. 77-88.

Научный руководитель: Д.В. Гвоздяков, к.т.н., доцент, НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

DESIGN OF A POWER UNIT OF A NUCLEAR POWER PLANT WITH A VVER REACTOR WITH AN ELECTRICAL CAPACITY OF 1300 MW

Ahmed Elsayed Abdelsatar Elsayed
Tomsk Polytechnic University
School School of Energy and Power Engineering
Department the Butakov Research Center, Group: 506И

The tasks of work

- Design of a steam generator;
- Determined the main feature of turbine instillation;
- Design of a condenser;
- Make a financial management of the project;

1. Design of a steam generator.

Table 1. Initial data.

Parameter	Denomination, units	Value
Coolant		Water
Thermal power of SG	Q_{sg} , MW	$3718 / 4 = 929.62$
Mass flow of steam	D_2 kg/s	506.61
Coolant flow	G_1 kg/s	5062.54
Coolant pressure at the inlet to the SG	p_1 MPa	17
Coolant temperature at the inlet to the SG	t'_1 , °C	329.1
Coolant temperature at the outlet of the SG	t''_1 , °C	297.6
Steam pressure at the SG	p_{st} or p_2 MPa	7
Steam temperature at the outlet of the SG	t_{st} or t_s °C	286.8
Feed water temperature	t_{fw} , °C	225
Blowdown flow rate, % (as a percentage of mass flow of steam)	α_{bd} , %	0.5

- **Determination of Steam Flow Rate,**

$$D_2 = 506.61 \frac{\text{kg}}{\text{s}};$$

- **The Number of Tubes,**

$$N_{\text{tube}} = 11654 \text{ pcs};$$

- **The average length of one tube of the steam generator,**
 $l_{avr} = 14.15 \text{ m};$
- **The Wall Thickness of the Collector,**
 $\delta_{coll} = 0.145 \text{ m};$
- **Diameter of the Steam Generator Vessel,**
 $D_{ves.in} = 4.76 \text{ m};$
- **The Wall Thickness of the Central Shell,**
 $\delta_{vcs} = 0.142 \text{ m};$
- **The pressure losses,**
 $\Delta p_{total} = 276275 + 13134 = 289409 \text{ Pa};$

2. **Determined the main feature of turbine instillation.**

For calculations of NPP with a VVER-1300 and saturated steam turbine with low speed that was divided into high pressure part and low-pressure part which drives an electrical generator of 25Hz, and by following steam flow after condensing and the stages of reheating the water before reaching the NPP steam generator, we obtained the

Table 2. Initial Data.

Ne, MW	1300	electrical power
p_2 , MPa	7	Steam pressure at the SG
p_0 , MPa	6.65	Initial pressure
t_0 , °C	282.4	Initial temperature
p_c , kPa	4.5	Pressure of condenser
superheater	1	Number of stages of superheater
t_{fw} , °C	225	Temperature of feedwater
p_d , MPa	0.6	Pressure of deaerator

- **steam flow to a turbine**

$$G_0 = \frac{1300 \cdot 10^3}{971 \cdot 0.98 \cdot 0.99 \cdot (1 - 0.1975 - 0.0761)} = 1898.9 \frac{\text{kg}}{\text{s}};$$

- **Thermal loading of a steam generating unit, Q_{SG} , kW (MW).**

$$Q_{SG} = 1898.9 \cdot ((1.0602 + 0.002 + 0.005) \cdot (2777 - 975) + 0.005(1249 - 975)) = 3655 \text{ MW};$$

- **Thermal loading of turbine Q_{ts} , kW (MW).**

$$Q_{ts} = 1898.9 \cdot ((1.0602 + 0.005) \cdot (2777 - 975) + 0.002 \cdot (147 - 975) + 0.005(1249 - 975)) = 3644 \text{ MW}.$$

- **Electrical efficiency of turbo-generator.**

$$\eta_e = \eta_{ts} = \frac{N_e}{Q_{ts}} = \frac{1300}{3644} = 0.357;$$

- **NPP efficiency.**

$$\eta_{npp} = \eta_{rs} \cdot \eta_{pip}^I \cdot \eta_{pip}^{II} \cdot \eta_{sg} \cdot \eta_e ;$$

$$\eta_{npp} = 0.99 \cdot 0.995 \cdot 0.996 \cdot 0.99 \cdot 0.357 = 0.345 = 34.7\% ;$$

3. Design of a condenser

Table 3. Results of variant calculations of the condenser.

	Option 1	Option 2
	d _{out} = 28 mm δ _{wall} =1 mm	d _{out} =28 mm δ _{wall} =2 mm
G _{c1} , kg/s	574.763	574.763
W ₁ , kg/s	27388.125	27388.125
M _{tube} , kg	341817.5	654850.38
C _{tube} , million rubles	119.64	229.20
C _{cond} , million rubles	209.36	401.10
N _p , kW	1918	1779.667
E _p , kW·h	12467343	1156841
C _{el} , million rubles	174.54	161.94

4. Make a financial management of the project

Table 4. Research cost budgeting

Name	Cost, RUB.	Cost, %
Costs for materials and other products	1290	0,51
Costs for specialized equipment	2245,2	0,88
Supervisor salary costs	91042,1	35,71
Design engineer salary costs	75917,4	29,77
Contributions to social funds	50421,8	19,77
Overheads	34065,7	13,36
Research budget	254982,2	100

REFERENCES:

1. Fyza, N., Hossain, A., & Sarkar, R. (2019). Analysis of the thermal-hydraulic parameters of VVER-1200 due to loss of coolant accident concurrent with loss of offsite power. *Energy Procedia*, 160, 155-161.
2. Dwidar, M. S., Badawi, A. A., Abou-Gabal, H. H., & El-Osery, I. A. (2014, May). From VVER-1000 to VVER-1200: investigation of the effect of the changes in core. In the third international conference on physics and technology of reactors and applications, Tetuan, Morocco.

3. Le Dai Dien, D. N. D. (2017). Verification of VVER-1200 NPP simulator in normal operation and reactor coolant pump coast-down transient. World Journal of Engineering and Technology, 5, 507-519.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЯМОТОЧНЫХ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ЭНЕРГОБЛОКА БН-800

А.Г. Алюнин

Томский политехнический университет
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5061

Применение на АЭС жидкометаллических теплоносителей в настоящее время обуславливается необходимостью внедрения в ядерную энергетику реакторов на быстрых нейтронах, требующих высоких удельных теплосъемов в активной зоне.

Как показал опыт эксплуатации парогенератора (ПГ) для реакторной установки (РУ) БН-600, сталь марки 10Х2М подвергается язвенной коррозии со стороны испаряемой воды. При этом наиболее глубокие коррозионные язвы развиваются в зонах ухудшенного теплообмена и перегрева пара. Образование коррозионных язв приводит к местному утонению стенки, соответственно, к снижению прочности парогенерирующих труб. Кроме того, при температурах выше 505 - 510°C, характерных для ПГ натриевого реактора большой мощности, длительная прочность стали типа 10Х2М резко снижается. [1]

Опыт эксплуатации трубных систем и трубных досок пароперегревательных модулей парогенераторов РУ БН-600, изготовленных из стали марки 09Х18Н9 (10Х18Н9), показывает, что эта сталь обладает высокой длительной прочностью и коррозионной стойкостью в среде перегретого пара при температурах до 515°C при условии исключения заброса влажного пара из испарительных модулей. В случае таких забросов, возможных при нестационарных режимах работы РУ, металл труб и трубных досок в зоне досыхания пара может подвергаться хлоридному коррозионному растрескиванию. [1]

Проект парогенератора (Н-272) для БН-800 был разработан на базе конструкции ПГ РУ БН-600, при этом учтен опыт пуска и эксплуатации ПГ РУ БН-600. В целях сокращения поверхности, разделяющей воду и натрий, и уменьшения количества швов приварки теплообменных труб к трубным доскам исключен натриевый перегрев пара промежуточного давления, и следовательно, модули-промперегреватели (30 штук). В качестве конструкционного материала модулей-перегревателей использована сталь марки 10Х2М вместо стали марки 09Х18Н9. Для удовлетворения требований по обеспечению условий длительной прочности температура острого пара была снижена до 490 °С. Ресурс модулей парогенератора составляет 150000 часов, что потребует их замены в процессе эксплуатации.

В работе рассмотрена возможность использования более совершенных конструкционных материалов при производстве замещающих модулей, что позволит значительно увеличить их срок службы.