

**ВИКОРИСТАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОГО РЕАКТОРА ВВР-М ДЛЯ  
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-М ДЛЯ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**USE OF THE VVR-M RESEARCH REACTOR FOR HEAT SUPPLY**

Науковий керівник – кафедра АЕС; д.т.н.,проф.

Кравченко В. П., Кравченко В. П., Kravchenko V. P.

Магістр – Ніколаєнко В. В., Николаенко В. В., Nikolaienko V. V.

**Анотація.** В роботі розглянуто можливість теплопостачання Інституту ядерних досліджень та неподалік розташованих житлових будинків від реактора ВВР-М. Проведено тепло-гідрравлічний, нейтронно-фізичний та економічний розрахунки двох варіантів активних зон з кільцевими та стрижневими ТВЕЛами. Проаналізовано можливість підвищення теплової потужності реактора до 40 МВт. В результаті розрахунку активної зони з кільцевими ТВЗ отримано, що завдяки високій теплопровідності ядерного палива (UAl) максимальна температура ядерного палива дорівнює 163 °С при допустимій 650 °С, але через нейтронно-фізичний розрахунок отримано, що кампанія такого реактора не перевищує тижня, що і співпадає з дійсністю. Використання ТВЗ з стрижневими ТВЕЛами має кампанію приблизно рік, але температура палива досить висока 1950 °С. Таким чином для використання реактора ВВР-М для теплопостачання доцільно замінити тип ТВЗ. Гідрравлічний розрахунок показав також необхідність заміни насосів при переході на стрижневі ТВЗ. Економічний розрахунок показав, що використання ВВР-М для теплопостачання при його потужності 40 МВт дозволить забезпечити опалення 95 п'яти поверхових будинків, що свідчить про доцільність подальших досліджень у цьому напрямку.

**Ключові слова:** теплопостачання, дослідницький реактор, теплофікація, опалення, кільцеві ТВЗ.

**Аннотация.** В работе рассмотрена возможность теплоснабжения Института ядерных исследований и недалеко расположенных жилых домов от реактора ВВР-М. Проведен тепло-гидравлический, нейтронно-физический и экономический расчеты двух вариантов активных зон с кольцевыми и стрижневыми ТВЭЛами. Проанализирована

возможность повышения тепловой мощности реактора до 40 МВт. В результате расчета активной зоны с кольцевыми ТВС получено, что благодаря высокой теплопроводности ядерного топлива (UAl) максимальная температура ядерного топлива равна 163 °С при допустимой 650° С, но из-за нейтронно-физический расчета получено, что кампания такого реактора не превышает недели, это соответствует действительности. Использование ТВС с стержневыми ТВЭЛами имеет кампанию около года, но температура топлива достаточно высока 1950 °С. Таким образом для использования реактора ВВР-М для теплоснабжения целесообразно заменить тип ТВС. Гидравлический расчет показал также необходимость замены насосов при переходе на стержневые ТВС. Экономический расчет показал, что использование ВВР-М для теплоснабжения при мощности 40МВт позволит обеспечить отопление 95 пяти этажных домов, что свидетельствует о целесообразности дальнейших исследований в этом направлении.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, исследовательский реактор, теплофикация, отопление, кольцевые ТВС.

**Abstract.** The paper considers the possibility of heat supply to the Institute for Nuclear Research and nearby residential buildings from the VVR-M reactor. Thermal-hydraulic, neutron-physical and economic calculations of two variants of the core with ring and rod fuel elements were carried out. The possibility of increasing the thermal power of the reactor up to 40 MWt is analyzed. As a result of the calculation of the core with ring fuel assemblies, it was found that due to the high thermal conductivity of nuclear fuel (UAl), the maximum temperature of nuclear fuel is 163 °C at an acceptable 650 °C, but due to the neutron-physical calculation it was found that the campaign of such a reactor does not exceed a week, this is true. The use of fuel assemblies with rod fuel elements has been on the campaign for about a year, but the fuel temperature is quite high 1950 °C. Thus, to use the VVR-M reactor for heat supply, it is advisable to replace the type of fuel assembly. Hydraulic calculation also showed the need to replace pumps during the transition to rod fuel assemblies. Economic calculation showed that the use of VVR-M for heat supply with a capacity of 40 MWt will allow heating of 95 five-story houses, which indicates the feasibility of further research in this direction.

**Key words:** heat supply, research reactor, heating, ring fuel assemblies.

## Вступ

Сьогодні встановлена потужність АЕС в Україні становить 13,8 ГВт. При цьому вони забезпечують більше 50% виробленої в країні електроенергії. З підвищенням вартості природного газу інтерес до АЕС, як до джерел теплопостачання, значно виріс. Всі пристанційні міста надійно забезпечуються опаленням і гарячою водою. Можливості АЕС в цьому напрямку істотні і застосування їх може бути розширено.

У всьому світі атомна енергетика розглядається як одне з найбільш економічно ефективних низьковуглецевих джерел енергії. Подальший розвиток ядерного

енергетичного сектору на період до 2035 року прогнозується виходячи з того, що частка атомної генерації в загальному обсязі виробництва електроенергії зростатиме.

Сьогодні Інститут ядерних досліджень (м. Київ) знаходиться у скрутному економічному становищі. Для роботи реактора ВВР-М, який знаходиться на території цього інституту, в один день необхідно 120 000 грн. Тому зараз він практично не використовується. Розглянемо пропозицію тепlopостачання міста Києва чи території інституту за рахунок тепловиділення реактора.

**Мета роботи.** Розрахунок реактору ВВР-М в режимі тепlopостачання при максимальній допустимій тепловій потужності.

Для досягнення цієї мети треба вирішити наступні задачі:

- а) провести аналіз можливостей тепlopостачання від ядерних енергетичних установок;
- б) провести тепло гідравлічний та нейтронно-фізичний розрахунок реактора при максимальній тепловій потужності 40МВт зі стрижневими ТВЕЛами;
- в) провести тепло гідравлічний та нейтронно-фізичний розрахунок реактора при максимальній тепловій потужності активної зони з кільцевими ТВЕЛами;
- г) провести економічний розрахунок доцільності використання ВВР-М для тепlopостачання.

### Порівняння результатів розрахунків двох типів ТВЕЛів

Таблиця 1

Порівняння температур на зовнішній стороні оболонки при тепловій потужності 40 МВт (приведені усереднені значення розрахунків для різних кільцевих ТВЕЛів)

Величина	$T_{\text{зовн.стриж.}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{зовн.кільц.}}, ^\circ\text{C}$
№ зони		
1	102,1	96,1
2	129,3	118,6
3	149,6	136,5
4	160,6	147,6
5	162,2	151,2
6	155,1	147,3
7	140,6	136,7

Таблиця 2

Порівняння температур на внутрішній стороні оболонки при тепловій потужності  
40 МВт

Величина № зони	$T_{\text{внут.стриж.}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{внут.кільц.}}, ^\circ\text{C}$
1	124,32	97,5014
2	171,01	121,1061
3	203,79	139,7157
4	219,03	151,0334
5	216,01	154,2656
6	196,08	149,5905
7	162,16	137,8564

При розрахунку кільцевих ТВЕЛів визначаємо температури з обох сторін, так як на них діють різні лінійні теплові потоки.

Таблиця 3

Порівняння температур у центра паливного стовпа при тепловій потужності  
40 МВт

Величина № Зони	$T_{\text{центр.стриж.}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{центр.кільц.}}, ^\circ\text{C}$
1	671,71	101,5695
2	1289,54	126,8095
3	1759,63	145,9025
4	1935,59	157,2015
5	1770,53	159,9762
6	1312,33	154,2482
7	704,45	140,627

Таблиця 4

Порівняння маси свіжого палива

$m \text{ UAl}, \text{кг}$	138,2
$m \text{ UO}_2, \text{кг}$	463,6

Така відмінність в масі ядерного палива пояснюється тим, що товщина палива у кільцевому ТВЕЛі набагато менша ніж у стрижневому. Це впливає також на кампанію реактора.

Порівняння значень на кінець кампаній реактора

Величина	$K_{\text{эф}}$	t, діб
Стрижневі ТВЕЛи	1,051	385
Кільцеві ТВЕЛи	1,062	7

**Висновки.** Тепло-гідравлічний та нейтронно-фізичний розрахунок реактора показав, що реактор з кільцевими ТВЗ має допустиму температуру палива, але недостатньо тривалу кампанію. Температура палива у реакторі із стрижневими ТВЗ має набагато більше значення (1950 °С) ніж в реакторі з кільцевими ТВЗ. Кампанія дорівнює 385 діб, що достатньо для опалювального сезону. Гідравлічний розрахунок показав, що опір у випадку заміни ТВЗ на стрижневі збільшиться у 4 рази. Таким чином встановлені насоси не забезпечать потрібний напір. Тобто при модернізації активної зони реактора треба замінити насоси. Враховуючи кампанію реактора з кільцевими ТВЗ (тиждень), використання реактора ВВР-М без модернізації для теплопостачання не можливе. Економічний розрахунок, проведений для реактора зі стрижневими ТВЗ, показав, що при потужності 40 МВт, реакторна установка в стані забезпечити опалення 95 п'яти поверхових будинків.

**Список літератури.**

1. Верхівкер Г. П., Кравченко В. П. Основи розрахунку і конструювання ядерних енергетичних реакторів. – Одеса: ТЕС. - 2009. - 409 с.
3. Верхівкер Г. П., Кравченко В. П. Методика і результати оптимізації окремих елементів схем атомних станцій дальнього теплопостачання. // Питання атомної науки і техніки. - 1983. - № 2. - С. 55-60.
4. Кіров В. С. Теплові схеми турбоустановок АЕС та їх розрахунки. - Одеса: Астропринт. - 2006. - 76 с.
5. Верхівкер Г. П., Кравченко В. П. Атомна станція дальнього теплопостачання. Авторське свідоцтво № 1067965.
6. Верхівкер Г. П., Кравченко В. П., Дубковський В. А. Теплопостачання від атомних електростанцій. Одеса: ВМВ. - 2010. - 486 с.

Науковий керівник

Кравченко В. П.

Автор

Ніколаєнко В. В.