

Томе Бошевски  
Крсте Мачковски  
Никола Попов

Електротехнички факултет  
Карпош II бб Скопје

СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА ПРОТОЧНО И РЕЦИРКУЛАЦИОНО  
ОДВЕДУВАЊЕ НА ТОПЛИНА ОД "НЕ" НА ЛОКАЦИИТЕ ВО СРМ

A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIRECT-FLOW AND RECIRCULATIVE  
HEAT DISPOSAL FROM "NPP" ON SOME LOCATIONS IN MACEDONIA

СОДРЖИНА - Споредбената анализа на проточното и рециркулационото одведување на топлина од НЕ во условите на хидрометеоролошките прилики во СРМ е реализирана со едноставна али доволно точна и оригинална методологија. Обработката на метеоролошките показатели кои го условуваат ефектот при рециркулационото ладење се основува на часовни вредности на температурата на воздухот мерена према сув и влажен термометар. Повеќегодишната промена на температурата на водата во хидроенергетската акумулација, чии води се користат за ладење на НЕ, е одредена во услови на уважување на основната намена на акумулацијата, производство на ел.енергија и наводнување. Применета е оригинална методологија која дава резултати, релативно стабилни во однос на неопределеноста на хидрометеоролошките услови. Ефектите на рециркулационото и проточното ладење се валоризирани преку економските показатели кои доведуваат до намалување на снагата на НЕ и како последица на тоа помало производство на ел.енергија. Деталната разработка на конкретен пример, во реални природни услови и дава посебен значај на спроведената анализа.

ABSTRACT - A comparative analysis of the direct-flow and the recirculative heat disposal from nuclear power plants in case of hydro-meteorological conditions in Macedonia has been performed. A relatively simple but accurate and original methodology has been developed. Processing of the meteorological parameters, which determines the effect of recirculative cooling, is based on the hourly measured dry-bulb and wet-bulb air temperatures. The many-years water temperature change of the cooling pond, whose waters are used for nuclear power plant cooling, has been determined regarding to the basic assignment of the hydro-accumulation: production of electrical energy and irrigation. In this paper a original methodology has been developed. The results are relatively stable in regard to the uncertainty of the hydro-meteorological parameters. The effect of the recirculative and direct-flow cooling have been verified using the economical indicators in connection with the nuclear power plant power level decrease and the corresponding electrical energy production decrease. The detailed solution of a given example in case of real conditions provides a specific importance for the performed comparative analysis.

## 1. УВОД

Во состав на комплексна студија за одредување на најпогодна локација за НЕ во СРМ, анализирани се условите за одведување на топлина од термоенергетски постројки со стандарден рециркулационен систем а при проучувањето на проточното ладење претпоставено е користење на води од хидроенергетски акумулации. Рециркулациониот разладен систем анализиран е за две климатски подрачја и тоа Вардарската долина со изразито високи температури на воздухот е со доволни количини на вода за надополнување и западниот дел на СРМ со умерени температури али со поскупо количини на вода. Моожност за користење на проточно ладење пружа клисурата на р.Црна во Мариово со планираните акумулации.

На предвидените локации за рециркулационо ладење обработени се метеоролошките карактеристики, дефинирани се проектните услови за разладната кула и на основа на добивените перформанси одредена е годишната вероватносна крива на појавување на температурата на разладната вода.

Уважувајќи го електроенергетскиот режим на работа, како и потребите за наводнување со вода од хидроенергетските акумулации, за повеќегодишен временски период прогнозирани се промената на нивото во акумулацијата, интензитетот на одведување на топлина кон атмосферата и со турбинскиот истек и температурата на водата во акумулацијата.

На основа на одредените годишни распределби на температура на разладната вода, извршена е споредбена анализа на експлоатационите карактеристики на нуклеарна централа со електрична снага од 1000 MW и годишно време на работење од 7000 сати.

## 2. РЕЦИРКУЛАЦИОНО ЛАДЕЊЕ

За да се одреди ефикасноста на рециркулационото оддавање на топлина кон атмосферата обработени се мерени податоци за температурата на воздухот по сув и влажен термометар од мерните станици во Битола и Демир-Капија. Овие метеоролошки податоци се репрезентативни за горниот тек на реката Црна и средниот тек на р.Вардар односно вливот на р.Брегалница, подрачја каде што без поголеми зафати може да се обезбеди вода за надополнување во текот на целата година. Истовремено овие две подрачја климатски диаметрално се разликуваат,

Битолското со континентално-планинска а Демир-Капија со Медитеранска. Од мерната станица Битола имаме комплетни мерења, секој саат во текот на 24 часа, додека од мерната станица Демир-Капија мерењата се евидентирани за 18 саати дневно без очитување во време од 22 до 3 часот.

Средногодишните вредности на температурата на воздухот по сув и влажен термометар земено се за проектни параметри на локациите и со основните карактеристики на кондензатор за 1000 MWe HE [1], [2] одредена е разладна кула чии перформанси се дадени во Табела 1. Користејќи ги сатните вредности за температурата на воздухот по сув и влажен термометар а во сообразност со кривите на ладење на избраната ладилна кула, одредена е годишната веројатностна крива на појавување на температури на разладната вода дадена на слика 1.

### 3. ПРОТОЧНО ЛАДЕЊЕ

На локацијата Мариово, во долиниот тек на р.Црна, планирани се акумулациите Чебрен и Галиште кои имаат можност да задржат околу  $1,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  вода а со вкупна површина на воденото огледало од околу  $20 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ . Во непосредна близина на овие две локации постои мал природен базен на р.Бутурица со запремина од околу  $20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  вода издигнат над големите акумулации и погоден за локација на HE. Пренесувањето на топлината од базенот Бутурица кон големите акумулации би се вршело со размена на вода преку реверзибилна постројка.

Отпадната топлина пренесена во големите акумулации ќе ја загрева нивната вода поради што ќе настане додатно пренесување на топлина кон атмосферата, директно преку воденото огледало и индиректно преку турбинскиот истек и површината на реката низводно од браните. Големата количина на акумулирана вода обезбедува релативно бавни температурни промени и годишно изедначена температура.

За да се одреди повеќегодишниот режим на промена на температурата на водата на големите акумулации, во услови на додатно топлотно оптеретување, применета е методологијата од [3], усовершена за променлив режим на полнење и празнење на акумулациите наметнаат од природниот дотек и основната намена за производство на ел.енергија и наводнување. На слика 2 дадени се резултатите од пресметките извршени за најкритичен случај на изграденост на хидроенергетските објекти, односно при постоење само на акумулацијата Чебрен.

#### 4. СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА

Врз основа на одредената годишна зависност на температурата на разладната вода при рециркулационо ладење на локациите Битола и Демир-Капија како и на временската зависност на температурата на водата во акумулациите при додатно топлотно оптеретување со отпадната топлина од НЕ, и користејќи ја зависноста на снагата на турбината од притисокот во кондензаторот [1], извршени се пресметки на губитокот на снага и соодветното намалување на произведената ел. енергија, сл.3. Со овие резултати овозможено е да се упоредат два-та начини на ладење преку нивното влијание врз економичноста на работењето на нуклеарната електрана.

#### 5. ЗАКЛУЧОК

Развиената методологија за споредбена анализа на рециркулационо и проточно ладење на НЕ се основува врз примарните карактеристики на локациите кои ги одредуваат условите за прифаќање на отпадната топлина. Влезни податоци се директно мерените вредности на метеролошките и хидролошките величини. Овие слики на применетата методологија ни дават за право да веруваме дека добивените резултати имаат задоволителна точност. Добро познатата предност на проточно ладење, овде е квантитативно потврдена и во услови на водите од вештачки акумулации. Вклучувањето на хидроенергетските акумулации во потенцијални локации за НЕ значајно придонесуваат за поравномерно распределување на електроенергетските извори и нивно доближување до големите потрошувачи.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА

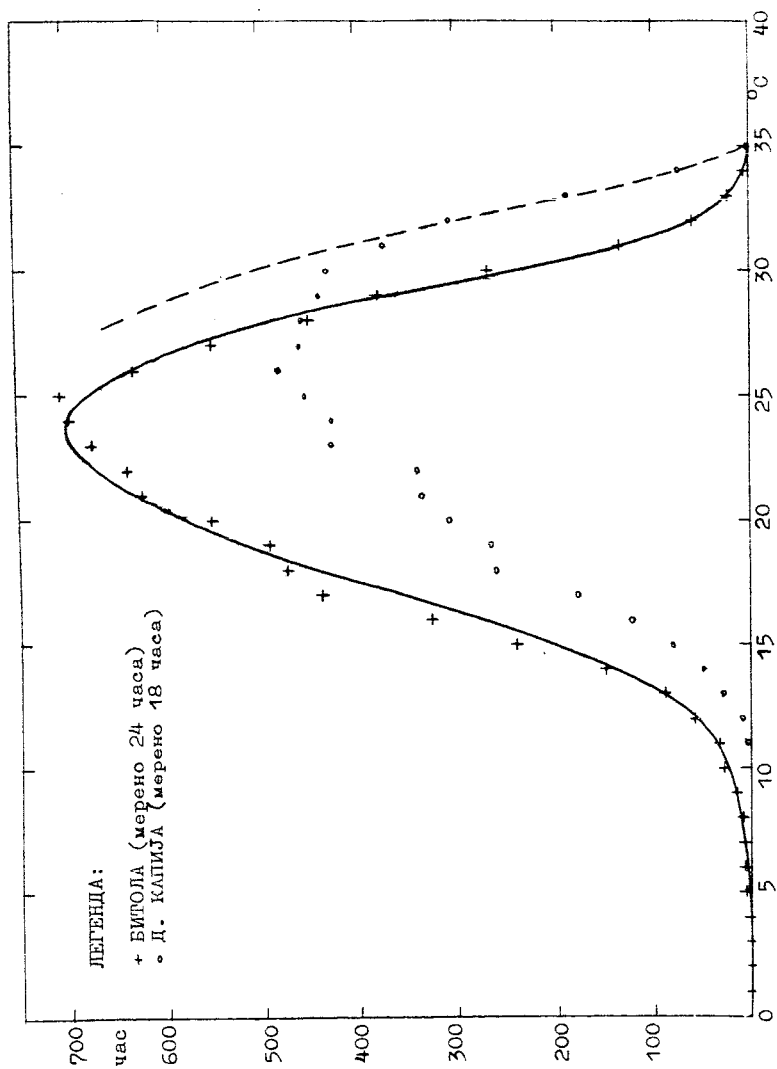
- [1] Ју.Ф.Косјака, Паротурбинни установки атомних електростанции, Москва, "ЕНЕРГИЈА" 1978.
- [2] Ивко Шабан и други, Спецификација система и опрема за нуклеарне електране, типа ВВЕР, РО "Раде Кончар", Загреб, 1983.
- [3] Т.Бошевски и Н.Попов, Прогнозирање на топлотното оптоварување на хидроенергетски акумулации со кондензаторски води од термоенергетски објекти, Академија наука и умјетности Босне и Херцеговине, Симпозијум: Хидродинамички проблеми заштите вода, Сарајево, 1979.

ТАБЕЛА 1. ПРОЕКТНИ УСЛОВИ ЗА ЛАДИЛНА КУЛА НА "НЕ" ОД  
1000 MWe ЗА ЛОКАЦИЈА БИТОЛА (ДЕМИР КАПИЈА)

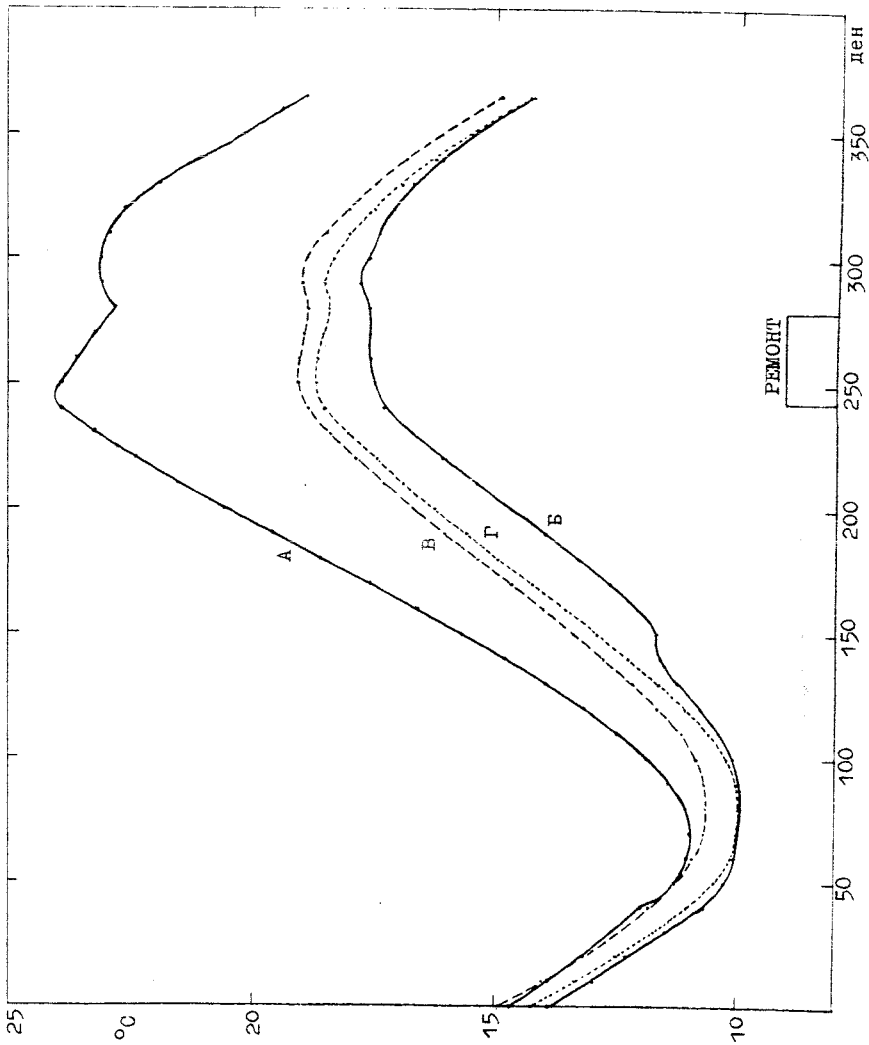
ПРОТОК ( $m^3/ч$ )	175000	
ТЕМПЕРАТУРА НА ЖЕШКА ВОДА ( $^{\circ}C$ )	33	
ТЕМПЕРАТУРА НА РАЗЛАДНА ВОДА ( $^{\circ}C$ )	23	
ИНТЕРВАЛ НА ЛАДЕЌЕ ( $^{\circ}C$ )	10	
СРЕДНОГОДИШНА ТЕМП. ПО ВЛАЖЕН ТЕРМОМЕТАР ( $^{\circ}C$ )	7.8	(9.9)
СРЕДНОГОДИШНА ТЕМП. ПО СУВ ТЕРМОМЕТАР ( $^{\circ}C$ )	11	(13.4)
СРЕДНОГОДИШНА РЕЛАТИВНА ВЛАЖНОСТ (%)	65	(64)
ГРАНИЦА НА ЛАДЕЌЕ ( $^{\circ}C$ )	15.2	
НОСИВОСТ НА ТЛОТО ( $кг/см^2$ )	3	
ЦЕНА НА АРМИРАН БЕТОН ( $дин/м^3$ )	12500	
ЦЕНА НА АЗБЕСТНОЦЕМЕНТНИ ПЛОЧИ СО		
ДИМЕНЗИИ 40 см X 40см X 0.6см ( $дин/м^2$ )	600	
ЦЕНА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ЗА ПУМПАЌЕ ( $дин/кWh$ )	3.5	

ПАРАМЕТРИ НА ЛАЦИЛНАТА КУЛА

ПОЛНЕЖ	АЗБЕСТНОЦЕМЕНТЕН	ПЛАСТИЧЕН
ПРЕЧНИК НА ОСНОВАТА (м)	147	134
ВИСОЧИНА (м)	165	165
НИВО НА ВОДАТА НАД СОБИРНИОТ БАЗЕН (м)	15.1	14
СНАГА НА ПУМПАЌЕ (кW)	8919	8324
ЗАГУБА НА ВОДА СО ИСПАРУВАЌЕ (т/ч)	2257.5	2275
ЗАГУБА НА ВОДА СО ОДНЕСУВАЌЕ (т/ч)	17.5	17.5



СЛИКА-1: ЗАЧЕСТЕНОСТ НА ПОЈАВУВАЊЕ НА ЧАСОВНИ ВРЕДНОСТИ НА ТЕМПЕРАТУРИ НА ОЛАДЕНАТА ВОДА СО РАЗЛАДНА КУЛА ЗА ПЕРИОДОТ 1976-80 ГОДИНА



СЛИКА-2 : ТЕМПЕРАТУРА НА РАЗЛАДНА ВОДА ЗА ПЕРИОД 1966-1981  
ГОДИНА  
ИЗГРАДЕНОСТ: ЧЕБРЕН И БУТУРИЦА СО РЕВЕРЗИБИЛНА  
ПОСТРОЈКА

А - СУВА 1977 ГОДИНА  
В - СРЕДНА ГОДИНА

Б - ВЛАЖНА 1980 ГОДИНА  
Г - ДОПОЛНИТЕЛНО ЛАДЕЊЕ  
ПРЕКУ БУТУРИЦА

