

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА СХЕМАТА НА ВЪВЕЖДАНЕ НА ОГНЕТРЪБНИТЕ ПАРНИ КОТЛИ В ДЕЙСТВИЕ

Николай М. Керемедчиев, ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", Варна

### RESEARCH OF THE POSIBILITIES FOR OPTIMIZING THE WAY OF PUTTING THE OIL FIRED BOILERS IN OPERATION

Nikolaj M. Keremedchiev, Naval Academy „N. Y. Vaptsarov“, Varna

**Abstract:** *The problems which may follow oil fired boilers putting in operation are shown in the report. The results from the experiments which has been made are also shown. An of operation of the experimental iustalation has been described in the report. The results from the tests which were made are also shown. An analysies has been. A number of designer's suggestions were made. These suggestions could help for problems solution.*

**Key words:** boiler, stress, operation.

#### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Парните котли се амортизират най-силно по време на въвеждането и спирането им от действие, тъй като именно през този период се създават условия за възникване на топлинни напрежения с до 20 пъти по-големи стойности от възникващите при работата на котела на номинален режим. С оглед на това котлите се въвеждат и спират от действие по определена схема, недопускаща прегряване на отделните му части, вкл. и възникване в конструкцията на по-големи напрежения от разчетните.

Факторите, от които зависи пуска на котела, са: начално топлинно състояние, определено от продължителността на престоя и начина на спирането му; параметрите на работа, вида и мощността му; приспособеността му за пускане и използваната технология.

Режимът на въвеждане на котела в действие трябва да удовлетворява следните изисквания: надеждно протичане на процесите, необходими за охлаждане или равномерно нагряване на всички елементи на котела; скоростта на нагряване на елементите му да е такава, че възникналите в този период напрежения да са по-малки от допустимите; загубите на гориво и енергия по време на пускането да са минимални; безопасната работа на обслужващия персонал и на оборудването да са обезпечени.

В процеса на пускането котелът работи при променливи условия, вследствие на изменението в широки граници на работното налягане, акумулирането на топлина в работната среда и в различните конструктивни елементи, и на топлинното натоварване (0-100%). Очевидно е, че най-важната особеност на пускането на котела се явява различаващата се от номиналните условия работа на конструктивните елементи, които в установен режим нямат съществена роля (например акумулиране на топлина, топлинни напрежения и др.).

#### 2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследванията сочат, че влияние върху характера на изменението на температурата на продуктите от изгарянето на горивото, работната среда и елементите

на котела, оказват следните параметри:

• **Параметри, свързани с конструкцията на котела:**

1. Параметърът  $P_k$ , определен от съотношението на нагревателните повърхности на котела и компановката им.

2. Акумулиращата способност на преобразуващите части на котела,  $A_k$  и на паропрегревателя,  $A_p$ , определяни от количеството топлина, необходима за изменението на температурата на съответните части на котела с  $1^\circ\text{K}$ .

3. Видът на разпалващото гориво,  $B$ , който оказва влияние върху големината и компановката на нагревателната повърхност на котела. Той определя още условията на разпалване и интензивността на топлообмена, вкл. КПД на пусковия процес.

4. Хидравличната характеристика на паропрегревателя, определяща степента на равномерност на разпределение на масовите разходи на пара между серпентините на паропрегревателя,  $n_m^r$ .

5. Материалите, размерът и конструктивната схема на котела и елементите му,  $M$ .

• **Параметри, свързани с технологията на пуска:**

1. Скорост на повишаване на температурата на отделните елементи, т.е. скорост на загреване:  $dtn/d\tau$ ,  $^\circ\text{K}/\text{min}$ .

2. Коефициент на натоварване на котела:  $U_Q(\tau) = Q^r(\tau) / Q^z$ , определен от отношението на топлинния поток, подведен в даден момент към котела,  $Q^r(\tau)$ , към топлинния поток при номинално натоварване,  $Q^z$ .

• **Параметри, свързани с конструкцията на котела, топлинното му състояние и технология-**

*та на пуска:*

1. Температура на елементите при пускане,  $tn(\tau)$ , характеризираща топлинното състояние на котела в даден момент от пуска. Параметърът определя и моментното отношение на топлината на прегрялата пара към топлината на парообразуване.

2. Коефициент на излишния въздух,  $\alpha^r(\tau)$ , зависещ от коефициента на натоварване на котела,  $U_Q$  и степента на плътността на котела.

3. Неравномерно топлинно натоварване на паропрегревателя,  $n_q^r$ , зависещ от конструкцията му и от разположението на горивните устройства.

• **Основни параметри, свързани с техническото състояние на котела, S:**

1. Степен на чистота на нагревните повърхности.
2. Техническо състояние на горивните устройства.
3. Техническо състояние на арматурата.
4. Техническо състояние на КИП.
5. Техническо състояние на устройствата за автоматично управление.

• **Основни параметри, които най-добре описват процесите "пуск" и "стоп", са:**

- скорост на нагряване на котела,  $dt_n/d\tau$ ,
- коефициент на натоварване на котела,  $U_Q(\tau)$ ;
- топлинно състояние на котела,  $tn(\tau)$ .

Тъй като продължителността на пуска на котела се определя от най-дебелостенните му елементи, за установяване на оптималната продължителност на неговото въвеждане (спиране) в действие е необходимо да се определи изменението на параметрите и разхода на пара, което би осигурило допустими стойности на загряване (определени от якостните изисквания) на тези елементи.

**С цел изследване** на възможността за оптимизиране на времето за въвеждане в действие на огнетръбните котли и на възможностите за намаляване на термичните напрежения, възникващи от температурните разлики в различните слоеве на водното пространство на котела, бе **конструиран и изработен опитен образец** със следните характеристики (фиг. 1):

**А. Габарити:**

- дължина,  $L = 800 \text{ mm}$ ,
- диаметър,  $D = 500 \times 3 \text{ mm}$ ,
- обем:  $0,153 \text{ m}^3$ .

**Б. Нагреватели (фиг. 1, елементи 4):**

- брой - 3 бр.,
- мощност: - 1 бр. x 3 KW, 2 бр. x 1 KW.

**В. Помпа (фиг. 1, елемент 2):**

- тип - водна помпа "370WRD-ПК60",
- мощност: 370 W,
- максимална височина: 5-35 m,
- максимално всмукване: 8 m,
- дебит: 5-40 l/min,
- обороти: 2 900 min<sup>-1</sup>.

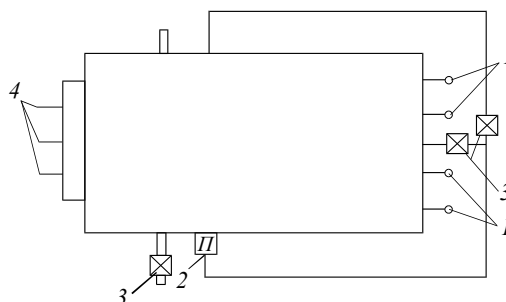
**Г. Контролно-измервателни прибори (фиг. 1, елементи 1):**

- прибор: 1 бр., модел "SS-Dresdener" - 4-20 mA,
- първични датчици: 4 бр., pt100,
- скала за отчитане на температурата: 1 бр. (0 ÷ 150 °C).

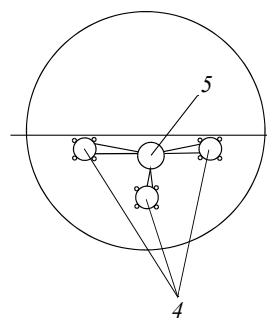
**Д. Спирателни кранове (фиг. 1, елементи 3):**

4 бр.,  $\frac{1}{2}$ ''.

**Е. Водоразпръскваща тръба (фиг. 2, елемент 5):** 1 бр.



**Фиг. 1**



**Фиг. 2**

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО СА ИЗВЪРШЕНИ ТРИ ВИДА ОПИТИ:**

**ОПИТ 1**

**Цел:** Да се установи каква е температурната разлика между най-горния и най-долния слой вода при естествената ѝ циркулация.

**Резултати:** Получените при експерименталния опит резултати са представени в табл. 1.

### ОПИТ 2

**Цел:** Да се установят времето, за което температурата на водата в котела достига 84 °С, и температурните разлики между отделните слоеве вода при положение, че е организирана принудителна циркулация на водата. Помпата засмуква вода от най-ниската и я

нагнетява в най-високата част на котела (фиг.1).

**Резултати:** Получените при експерименталния опит резултати са представени в табл. 2.

### ОПИТ 3

**Цел:** Да се установи времето, за което температурата на водата в котела достига 84 °С при условие, че циркулацията е принудителна, а с помощта на водоразпръскваща тръба с пробити отвори (фиг. 2, *елемент*

Таблица 1

#### Без циркулация

min		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Датчик №, °С	1	15	16	18	20	22	24	26	29	30	32	34	36	38	40	42	43	45	47	48	50	52	54	56
	2	15	15	17	19	21	23	25	28	30	31	33	35	37	39	41	42	44	46	48	49	51	53	55
	3	15	15	15	16	18	20	23	25	27	29	30	32	34	36	38	40	42	43	44	46	48	50	52
	4	15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	23	24	25
min		115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	217	
Датчик №, °С	1	58	60	61	62	64	66	68	69	70	72	74	75	77	79	80	81	83	85	86	87	89	90	
	2	57	59	60	61	63	65	67	68	69	71	73	75	76	78	79	80	82	84	85	86	88	89	
	3	54	56	57	59	60	62	64	65	67	69	70	72	73	75	77	78	79	81	83	85	86	87	
	4	27	28	29	29	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	43	44	45	46	47	49	50	50	

Таблица 2

#### Циркулация през големия кръг

min		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Датчик №, °С	1	16	18	20	21	22	24	26	27	28	30	32	34	36	38	39	40	42	44	46	48	49	50	51	53
	2	16	18	20	21	22	24	26	27	28	30	32	34	36	38	39	40	42	44	46	48	49	50	51	53
	3	16	18	20	21	22	24	26	27	28	30	32	34	36	38	39	40	42	44	46	48	49	50	51	53
	4	16	18	20	21	22	24	26	27	28	30	32	34	36	38	39	40	42	44	46	48	49	50	51	53
min		120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	
Датчик №, °С	1	55	56	58	60	62	64	65	66	68	69	70	71	72	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84	
	2	55	56	58	60	62	64	65	66	68	69	70	71	72	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84	
	3	55	56	58	60	62	64	65	66	68	69	70	71	72	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84	
	4	55	56	58	60	62	64	65	66	68	69	70	71	72	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84	

Таблица 3

С турболизираща тръба с размери:  $\phi = 1,5 \text{ mm}$ ,  
разстояние между отворите 35 mm

min		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Датчик №, °С	1	15	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	38	40	41	43	45	47	49	51
	2	15	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	38	40	41	43	45	47	49	51
	3	15	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	38	40	41	43	45	47	49	51
	4	15	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	38	40	41	43	45	47	49	51
min		115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	207	
Датчик №, °С	1	55	57	58	60	62	64	66	67	68	70	71	73	75	76	78	79	80	82	83	84	
	2	55	57	58	60	62	64	66	67	68	70	71	73	75	76	78	79	80	82	83	84	
	3	55	57	58	60	62	64	66	67	68	70	71	73	75	76	78	79	80	82	83	84	
	4	55	57	58	60	62	64	66	67	68	70	71	73	75	76	78	79	80	82	83	84	

5) се осъществява допълнителна турбулизация на потока (фиг. 1, фиг. 2).

**Резултати:** В таблица 3 са отразени резултатите от най-добрия опит, постигнат с турбулизираща тръба с отвори  $\phi = 1,5 \text{ mm}$  и разстояние между отворите  $35 \text{ mm}$ . на котвата;

### 3. ИЗВОДИ

**Резултатите от осъществените експерименти са основание за следните изводи:**

1. При ОПИТ 1 времето, за което температурата на най-горния слой достига  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ , е  $217 \text{ min}$ , температурата на най-долния слой е  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , а температурната разлика между двата слоя е  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

При достигане на температура  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  в най-горния слой (когато налягането на парата в котела е  $5 \text{ bar}$ ) температурната разлика преди началото на консумацията на пара ще бъде приблизително  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . При тези условия в котела ще възникнат температурни

напрежения с големи стойности.

2. Резултатите от ОПИТ 2 доказват, че осигуряването на принудителна циркулация при въвеждането на огнетръбния котел в действие гарантира недопускането на температурни разлики между отделните елементи.

3. Резултатите от ОПИТ 3 сочат, че топлообменът нараства с  $8,7\%$  при използване на допълнителна турбулизация на водата чрез водоразпръскващата тръба.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Д е р м е н т ъ в, С. Романов, В. Турлаков и др. Проектирование судовых парогенераторов. Л., Судостроение, 1986.

2. М о с к о в, Ю. В. Комплексно управление на КДД чрез адаптивни математични модели. Дисертационен труд. Варна, 2005.

3. Ц ы н а р, Л. Пуск паровых котлов. М., Энергоиздат, 1981.