

Nazwa kwalifikacji: **Montaż, uruchamianie oraz eksploatacja instalacji i jednostek wytwórczych
w systemach energetycznych**

Symbol kwalifikacji: **ELE.07**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

ELE.07-01-24.01-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2024

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA
2019**

Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
 - swój numer PESEL*,
 - oznaczenie kwalifikacji,
 - numer zadania,
 - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 9 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

Powodzenia!

* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

Zadanie egzaminacyjne

Opracuj dokumentację związaną z pomiarami kotła OP 430 firmy RAFAKO.

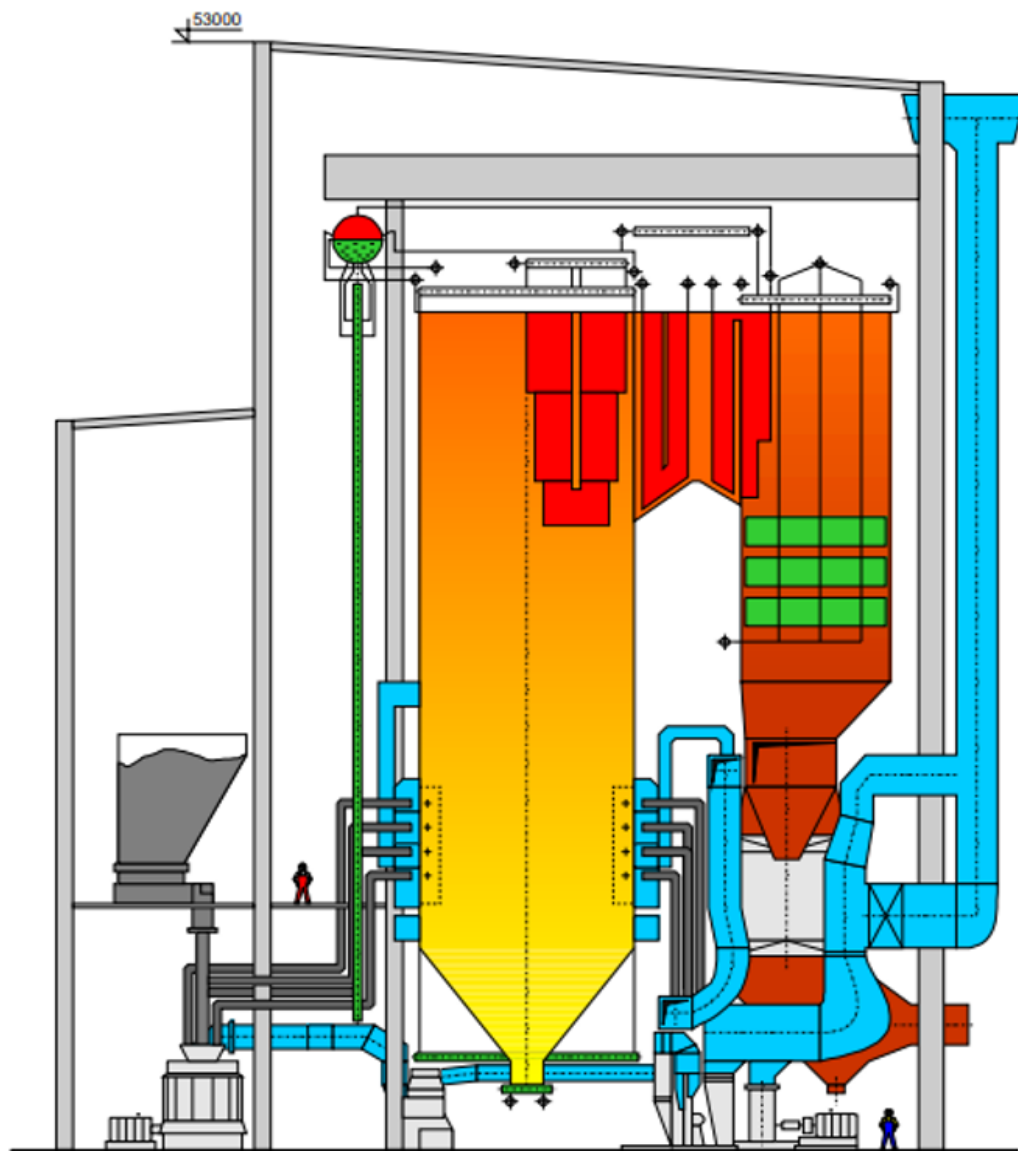
W tym celu:

- określ dane techniczne kotła OP 430,
- oblicz straty ciepłe kotła,
- oblicz sumę strat ciepłych oraz sprawność kotła,
- dobierz przyrządy kontrolno-pomiarowe do pomiarów parametrów kotła,
- porównaj wyniki pomiarów i obliczeń z parametrami gwarantowanymi.

Do wykonania zadania wykorzystaj informacje zawarte w dokumentacji technicznej.

Uwaga: Obliczenia strat ciepłych i sprawności kotła należy wykonać z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

DOKUMENTACJA TECHNICZNA



Rysunek 1. Schemat kotła OP 430

Tabela 1. Dane techniczne różnych rodzajów kotłów

Lp.	Kocioł Parametr	1	2	3	4	5
1	Rodzaj obiegu wody	Z naturalną cyrkulacją	Z naturalną cyrkulacją	Przepływowy	Z cyrkulacją wymuszoną	Z cyrkulacją wymuszoną
2	Znamionowa moc cieplna	200 MW	400 MW	300 MW	500 MW	600 MW
3	Temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła	540 °C	540 °C	443 °C	450 °C	460 °C
4	Ciśnienie pary świeżej	13,5 MPa	13,65 MPa	15,2 MPa	17,3 MPa	16,3 MPa
5	Temperatura wody zasilającej	210 °C	242 °C	235 °C	250 °C	240 °C
6	Sprawność kotła	90,0 %	91,5 %	86,1 %	93,2 %	95,2 %
7	Rodzaj paliwa	węgiel kamienny	węgiel kamienny	węgiel brunatny	węgiel brunatny	węgiel brunatny
8	Wydajność produkcji pary	430 t/h	650 t/h	450 t/h	550 t/h	500 t/h

Tabela 2. Wyniki pomiarów do obliczenia strat oraz sprawności cieplnej kotła metodą pośrednią

Lp.	Parametr pomiarowy	Oznaczenie	Jednostka miary	Numer pomiaru			
				1	2	3	4
1	Temperatura otoczenia	t_{ot}	°C	19,20	20,50	21,10	20,80
2	Temperatura pary świeżej	t_p	°C	535,90	539,70	535,40	542,20
3	Ciśnienie pary świeżej	p_p	MPa	12,99	12,93	12,94	13,01
4	Wydajność produkcji pary	m_p	t/h	426	425	431	432
5	Strumień spalonego paliwa	B	kg/s	23,70	19,80	18,30	21,50
6	Zawartość popiołu w paliwie	A^r	%	26,30	25,60	24,60	22,20
7	Wartość opałowa paliwa	Q_{wv}^r	kJ/kg	18 578	18 571	18 123	19 123
8	Zawartość części palnych w żużlu	C_z	%	2,05	1,57	1,93	1,87
9	Zawartość części palnych w popiele lotnym	C_p	%	3,25	4,45	2,23	3,22
10	Temperatura spalin wylotowych	t_{sp}	°C	174,40	155,60	147,90	160,10
11	Zawartość CO ₂ w spalinach	CO ₂	%	12,50	14,70	15,30	16,30
12	Zawartość CO w spalinach	CO	%	0,0009	0,0013	0,0009	0,0010
13	Zawartość NO _x w spalinach	NO _x	mg/m ³	360	323	344	331

Wzory do obliczeń:

Uwaga: do obliczeń należy użyć średnich wartości pomiarowych.

1. Strata wylotowa S_w w %

$$S_w = \sigma \cdot \frac{(t_{sp} - t_{ot}) + 0,59 \cdot CO}{CO_2 + CO}$$

przy czym:

σ – współczynnik Siegerta dla węgla kamiennego należy przyjąć 0,65 a dla węgla brunatnego należy przyjąć 0,75

t_{sp} – temperatura spalin wylotowych, °C

t_{ot} – temperatura otoczenia, °C

CO_2 – zawartość dwutlenku węgla w spalinach wylotowych, %

CO – zawartość tlenku węgla w spalinach wylotowych, %

Uwaga: jeżeli udział $CO < 0,3$ % to **nie należy** uwzględniać tej wielkości we wzorze.

2. Strata niezupełnego spalania S_n w %

$$S_n = \beta \cdot \frac{CO}{CO_2 + CO}$$

przy czym:

β – współczynnik zależy od rodzaju spalanego paliwa (dla węgla kamiennego wartość wynosi 60, natomiast dla węgla brunatnego wynosi 70)

Uwaga: Obliczenia strat niezupełnego spalania należy wykonać z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

3. Strata niecałkowitego spalania w żużlu S_z w %

$$S_z = \frac{0,2 \cdot A^r \cdot Q_c^r}{Q_w^r} \cdot \left(\frac{C_z}{100 - C_z} \right)$$

przy czym:

A^r – zawartość popiołu w paliwie, %

Q_c^r – wartość opałowa pierwiastka węgla równa 33 900 kJ/kg

Q_w^r – wartość opałowa paliwa, kJ/kg

C_z – zawartość części palnych w żużlu, %

4. Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym S_p w %

$$S_p = \frac{0,2 \cdot A^r \cdot Q_c^r}{Q_w^r} \cdot \left(\frac{C_p}{100 - C_p} \right)$$

przy czym:

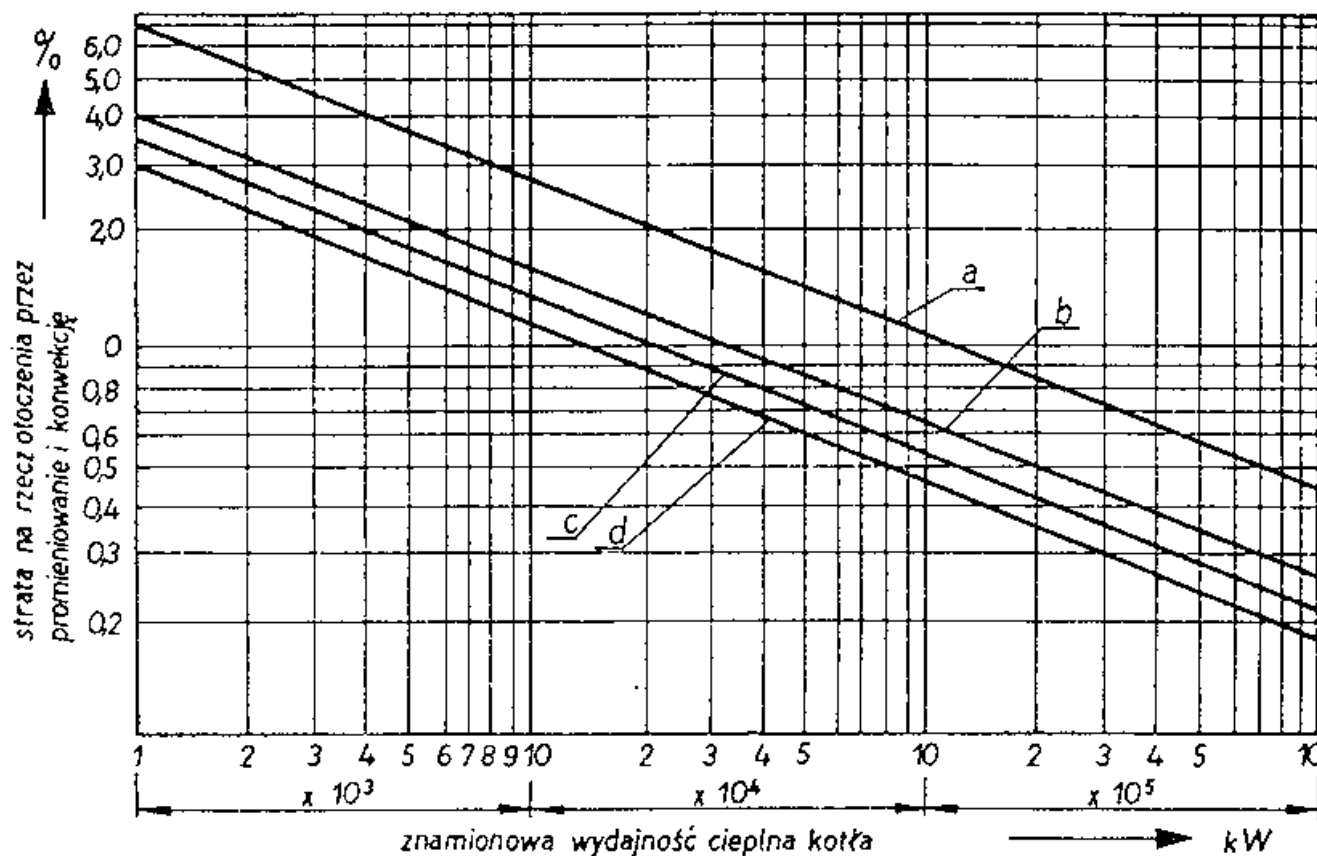
A^r – zawartość popiołu w paliwie, %

Q_c^r – wartość opałowa pierwiastka węgla równa 33 900 kJ/kg

Q_w^r – wartość opałowa paliwa, kJ/kg

C_p – zawartość części palnych w żużlu, %

5. Strata promieniowania: należy odczytać z wykresu dla znamionowej mocy cieplnej kotła



Rysunek 2. Wykres zależności straty promieniowania od mocy cieplnej kotła

- a – węgiel brunatny,
- b – węgiel kamienny,
- c – gaz ziemny,
- d – olej opałowy.

6. Suma strat

$$\sum S = S_w + S_n + S_z + S_p + S_r$$

S_w – strata wylotowa, %

S_n – strata niezupełnego spalania, %

S_z – strata niecałkowitego spalania w żużlu, %

S_p – strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym, %

S_r – strata promieniowania, %

7. Sprawność kotła

$$\eta_k = 100 - \sum S$$

Tabela 3. Wykaz przyrządów kontrolno – pomiarowych

Termopara Typ K (NiCr-NiAl)	
Przetwornik ciśnienia K01	
Analizator spalin Ultramat 23	
Pyłomierz FWE200	
Ultradźwiękowy przepływomierz Flowisic 100	
Aspiracyjny psychrometr DER	

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenię będzie podlegać 5 rezultatów:

- dane techniczne badanego kotła – tabela A,
- wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych – tabela B,
- zestawienie średnich wartości pomiarowych – tabela C,
- zestawienie wyników obliczeń strat cieplnych oraz sprawności kotła – tabela D,
- porównanie wyników pomiarów i sprawności kotła z parametrami gwarantowanymi – tabela E.

Tabela A. Dane techniczne badanego kotła

Lp.	Parametr	Wartość parametru
1	Rodzaj obiegu wody	
2	Znamionowa moc cieplna	
3	Temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła	
4	Ciśnienie pary świeżej	
5	Temperatura wody zasilającej	
6	Sprawność kotła	
7	Rodzaj paliwa	
8	Wydajność produkcji pary	

Tabela B. Wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych

Lp.	Pomiar	Przyrząd kontrolno-pomiarowy*
1	Temperatura spalin wylotowych	
2	Skład spalin	
3	Stężenie pyłu	
4	Wilgotność powietrza	
5	Ciśnienie pary	
6	Strumień objętości gazów	
* należy zapisać nazwę oraz typ przyrządu		

Tabela C. Zestawienie średnich wartości pomiarowych

Lp.	Parametr pomiarowy	Oznaczenie	Jednostka miary	Wartość średnia*
1	Temperatura otoczenia	t_{ot}	°C	
2	Temperatura pary świeżej	t_p	°C	
3	Ciśnienie pary świeżej	p_p	MPa	
4	Wydajność produkcji pary	m_p	t/h	
5	Strumień spalonego paliwa	B	kg/s	
6	Zawartość popiołu w paliwie	A^r	%	
7	Wartość opałowa paliwa	Q_w^r	kJ/kg	
8	Zawartość części palnych w żużlu	C_z	%	
9	Zawartość części palnych w popiele lotnym	C_p	%	
10	Temperatura spalin wylotowych	t_{sp}	°C	
11	Zawartość CO ₂ w spalinach	CO ₂	%	
12	Zawartość CO w spalinach	CO	%	
13	Zawartość NO _x w spalinach	NO _x	mg/m ³	
* wynik obliczeń zawartości CO w spalinach zapisać do trzech miejsc po przecinku				

Obliczenia sprawności kotła																													

Tabela D. Zestawienie wyników obliczeń strat ciepłych oraz sprawności kotła

Lp.	Nazwa	Oznaczenie	Jednostka miary	Wartość
1	Strata wylotowa			
2	Strata niezupełnego spalania			
3	Strata niecałkowitego spalania w żużlu			
4	Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym			
5	Strata promieniowania			
6	Suma strat			
7	Sprawność kotła			

Tabela E. Porównanie wyników pomiarów i sprawności kotła z parametrami gwarantowanymi

Lp.	Wielkość	Jednostka miary	Wartość gwarantowana	Średnia wartość pomiarów lub obliczeniowa	Wniosek*
1	Temperatura pary świeżej	°C	540		
2	Temperatura spalin wylotowych	°C	max. 150		
3	Ciśnienie pary świeżej	MPa	13,00		
4	Wydajność produkcji pary	t/h	430		
5	Zawartość NO _x w spalinach	mg/m ³	max. 400		
6	Sprawność kotła	%	92		
* należy zapisać TAK w przypadku dotrzymania parametrów lub należy zapisać NIE w przypadku niedotrzymania parametrów					