

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\*

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

Numer stanowiska

--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem  
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut

ELE.07-01-26.01-SG

## EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2026

**CZĘŚĆ PRAKTYCZNA**

**PODSTAWA PROGRAMOWA  
2019**

### Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL\*, numer stanowiska i naklej naklejkę\*\* z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 12 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
3. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
4. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
5. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
6. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami wykonania zadania na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
7. 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

\*\* w przypadku otrzymania naklejki

## Zadanie egzaminacyjne

Opracuj dokumentację związaną z przeglądem (oceną stanu technicznego) kotła energetycznego przed modernizacją. Określ na podstawie oznaczenia rodzaj kotła oraz rozpoznaj na schemacie konstrukcyjnym jego elementy. Dobierz metody badań i pomiarów elementów kotła, a także przyrządy pomiarowe do ich wykonania. Korzystając z protokołu badań, określ uszkodzenia i wady kotła oraz zapisz zalecenia dotyczące sposobu ich usunięcia. Na podstawie wyników pomiarów oblicz straty i sprawność cieplną kotła.

Do wykonania zadania wykorzystaj informacje zawarte w dokumentacji technicznej.

Uzupełnij tabele od 1 do 5.

**Uwaga:** Obliczenia sumy straty niepełnego spalania oraz sumy strat należy prowadzić z dokładnością do **trzech miejsc** po przecinku, natomiast pozostałe obliczenia do **dwóch miejsc** po przecinku.

## DOKUMENTACJA TECHNICZNA

### 1. Oznaczenia kotłów energetycznych

*pierwsza litera*

O – kocioł parowy z ekranowaną opromieniowaną komorą paleniskową, z obiegiem naturalnym

*druga litera*

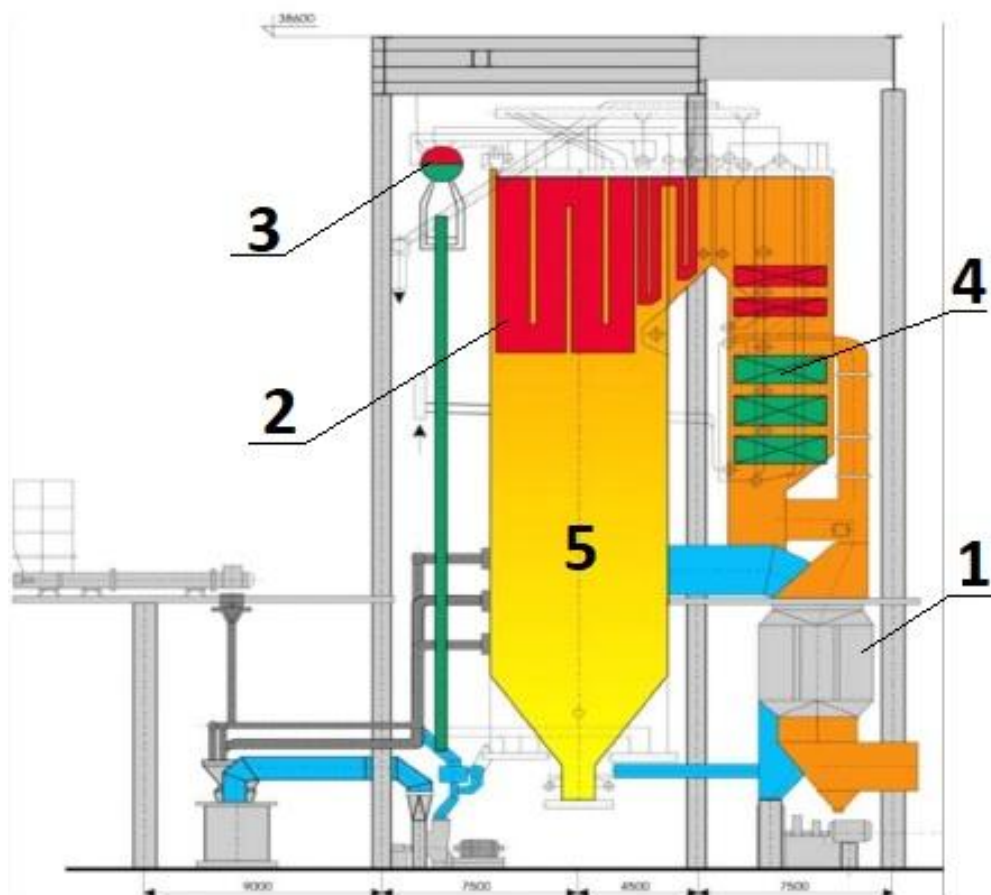
P – pyłowy opalany węglem kamiennym

B – pyłowy opalany węglem brunatnym

O – opalany olejem

G – opalany gazem

### 2. Schemat konstrukcyjny kotła OP YYY



Rysunek 1. Schemat kotła

### 3. Dane technologiczne kotła OP YYY

Wydajność maksymalna trwała 63,9 kg/s

Sprawność kotła 91 %

### 4. Zakres badań diagnostycznych elementów ciśnieniowych kotła OP YYY

Lp.	Zespół kotła	Zakres badań wg punktów z opisu*
1	Podgrzewacz wody	3
2	Komora paleniskowa Przegrzewacz pary stropowy	3, 4
3	Przegrzewacz pary konwekcyjny Przegrzewacz pary grodziowy	1, 2, 3, 5, 6, 7
4	Przegrzewacz pary końcowy Regulatory pary Rurociągi pary i wody Walczak	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

\*opis:

1. Oględziny zewnętrznych powierzchni
2. Oględziny endoskopowe powierzchni wewnętrznych
3. Pomiary grubości ścianek
4. Badania niszczące, materiałowe i analizy osadów
5. Badania ultradźwiękowe
6. Badania magnetyczno-proszkowe
7. Badania metalograficzne wraz z pomiarem grubości i twardości
8. Pomiar owalizacji

### 5. Wykaz przyrządów i materiałów pomiarowych

Lp.	Nazwa przyrządu/materiału	Typ
1	Grubościomierz ultradźwiękowy	SONO M660
2	Kamera inspekcyjna endoskopowa	5M-PRO5
3	Lampa ultrafioletowa	MR-CHEMIE
4	Twardościomierz uniwersalny	KB PRU
5	Defektoskop ultradźwiękowy	FD UXX
6	Środki do badań magnetyczno-proszkowych	

### 6. Protokół badań elementów kotła (fragment) oraz zalecane metody naprawy

#### Podgrzewacz wody

Wynik pozytywny, stan dobry, dopuszczający do dalszej eksploatacji.

#### Komora paleniskowa

Wynik negatywny, skorodowane rury ekranowe

Metody naprawy: wymiana odcinkowa lub wymiana pakietów rur ekranowych

#### Przegrzewacze pary

Przegrzewacz pary stropowy – wynik pozytywny, stan dobry, dopuszczający do dalszej eksploatacji.

Przegrzewacz pary konwekcyjny – wynik pozytywny, stan dobry, dopuszczający do dalszej eksploatacji.

Przegrzewacz pary grodziowy – wynik pozytywny, stan dobry, dopuszczający do dalszej eksploatacji.

Przegrzewacz pary końcowy – wynik negatywny, uszkodzona komora przegrzewacza oraz króćce i spoiny.

Metody naprawy: wymiana odcinkowa, wymiana uszkodzonych króćców i naprawa spoin.

#### Regulatory pary

Wynik pozytywny, stan dobry, dopuszczający do dalszej eksploatacji.

#### Rurociągi pary i wody

Wynik pozytywny, stan dobry, dopuszczający do dalszej eksploatacji.

## Walczak

Wynik negatywny, stwierdzono wady powierzchniowe (nieciągłości w materiale na powierzchni wewnętrznej) oraz pęknięcia mocowania osprzętu wewnętrznego.

Metody naprawy: usunięcie wad powierzchniowych poprzez szlifowanie pęknięć do zaniku, polerowanie miejsc szlifowanych oraz spawanie pękniętych wsporników osprzętu wewnętrznego.

## 7. Dane do obliczenia strat oraz sprawności cieplnej kotła metodą pośrednią

### Wyniki pomiarów

Lp.	Parametr pomiarowy		Jednostka miary	Wartość pomiarowa
1	Otoczenie	temperatura	°C	20
2	Para świeża	temperatura pary świeżej za kotłem	°C	521,7
		ciśnienie	MPa	12,93
3	Paliwo	strumień paliwa spalonego w kotle	kg/s	7,78
		zawartość popiołu w paliwie roboczym – $A^r$	%	18
		wartość opałowa – $Q_w^r$	kJ/kg	20 900
4	Zawartość części palnych	w żużlu – $C_z$	%	2,12
		w popiele lotnym – $C_p$	%	5,40
5	Spaliny	temperatura na wylocie z kotła	°C	149
6	Analiza spalin	zawartość $CO_2$	%	13
		zawartość CO	%	0,0012
		zawartość $NO_x$	mg/m <sup>3</sup>	313

### Wzory do obliczeń

#### Obliczenie straty wylotowej z wzoru Siegerta

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

$S_w$  – strata wylotowa w %

$\sigma$  – współczynnik Siegerta zależny od rodzaju spalanego paliwa, zawartości wilgoci w paliwie oraz  $CO_2$ , dla węgla kamiennego przyjmuje wartość 0,65, dla brunatnego 0,75 ÷ 0,85

$t_{ot}$  – temperatura otoczenia w °C

$t_{sp}$  – temperatura spalin na wylocie z kotła w °C

$CO_2$  – zawartość dwutlenku węgla w spalinach w %

CO – zawartość tlenku węgla w spalinach w %

**Uwaga:** jeśli udział CO < 0,03 % to stratę wylotową obliczamy z uproszczonego wzoru

$$S_w = \sigma \cdot \frac{t_{sp} - t_{ot}}{CO_2}$$

#### Obliczenie straty niepełnego spalania

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

$S_n$  – strata niepełnego spalania w %

$\beta$  – współczynnik zależny od rodzaju spalanego paliwa, dla węgla kamiennego przyjmuje wartość 60, dla węgla brunatnego 70

### Obliczenie straty niecałkowitego spalania w żużlu

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

$S_z$  – strata niecałkowitego spalania w żużlu %

$A^r$  – zawartość popiołu w paliwie roboczym %

$Q_C^r$  – wartość opałowa pierwiastka węgla, wynosi 33 900 kJ/kg

$Q_w^r$  – wartość opałowa paliwa

$C_z$  – zawartość części palnych w żużlu

### Obliczenie straty niecałkowitego spalania w popiele lotnym

$$S_p = \frac{0,8 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_p}{100 - C_p} \right)$$

$S_p$  – strata niecałkowitego spalania w popiele w %

$A^r$  – zawartość popiołu w paliwie roboczym w %

$Q_C^r$  – wartość opałowa pierwiastka węgla, wynosi 33 900 kJ/kg

$Q_w^r$  – wartość opałowa paliwa w kJ/kg

$C_p$  – zawartość części palnych w popiele lotnym w %

### Obliczenie sumy strat

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

$\Sigma S$  – suma strat w %

$S_r$  – strata promieniowania (do otoczenia), wynosi 3,0 %

### Obliczenie sprawności kotła

$$\eta_k = 100 - \Sigma S \%$$

$\eta_k$  – sprawność kotła w %

**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.**

### **Ocenie będzie podlegać 5 rezultatów:**

- identyfikacja kotła i jego elementów – tabela 1,
- dobór metod badań i pomiarów elementów kotła – tabela 2,
- dobór przyrządów i materiałów pomiarowych – tabela 3,
- identyfikacja uszkodzeń i wad oraz dobór metod naprawy elementów kotła – tabela 4,
- straty i sprawność kotła – tabela 5.

## DOKUMENTACJA DO WYPEŁNIENIA

Tabela 1. Identyfikacja kotła i jego elementów

<b>Rodzaj kotła</b>		
<b>Ilość ciągów</b>		
<b>Lp.</b>	<b>Element kotła</b>	<b>Numer na schemacie</b>
1	Walczak	
2	Przegrzewacz pary	
3	Podgrzewacz powietrza	
4	Podgrzewacz wody	
5	Komora paleniskowa	

**Tabela 2. Dobór metod badań i pomiarów elementów kotła**

<b>Lp.</b>	<b>Element kotła</b>	<b>Metody badań/pomiarów</b>	<b>Wpisz tak lub nie</b>
1	Podgrzewacz wody	Oględziny zewnętrznych powierzchni	
		Oględziny endoskopowe powierzchni wewnętrznych	
		Pomiary grubości ścianek	
		Badania niszczące, materiałowe i analizy osadów	
		Badania ultradźwiękowe	
		Badania magnetyczno-proszkowe	
		Badania metalograficzne wraz z pomiarami grubości i twardości	
		Pomiar owalizacji	
2	Komora paleniskowa Przegrzewacz pary stropowy	Oględziny zewnętrznych powierzchni	
		Oględziny endoskopowe powierzchni wewnętrznych	
		Pomiary grubości ścianek	
		Badania niszczące, materiałowe i analizy osadów	
		Badania ultradźwiękowe	
		Badania magnetyczno-proszkowe	
		Badania metalograficzne wraz z pomiarami grubości i twardości	
		Pomiar owalizacji	
3	Przegrzewacz pary konwekcyjny Przegrzewacz pary grodziowy	Oględziny zewnętrznych powierzchni	
		Oględziny endoskopowe powierzchni wewnętrznych	
		Pomiary grubości ścianek	
		Badania niszczące, materiałowe i analizy osadów	
		Badania ultradźwiękowe	
		Badania magnetyczno-proszkowe	
		Badania metalograficzne wraz z pomiarami grubości i twardości	
		Pomiar owalizacji	
4	Przegrzewacz pary końcowy Regulatory pary Rurociągi pary i wody Walczak	Oględziny zewnętrznych powierzchni	
		Oględziny endoskopowe powierzchni wewnętrznych	
		Pomiary grubości ścianek	
		Badania niszczące, materiałowe i analizy osadów	
		Badania ultradźwiękowe	
		Badania magnetyczno-proszkowe	
		Badania metalograficzne wraz z pomiarami grubości i twardości	
		Pomiar owalizacji	

**Tabela 3. Dobór przyrządów i materiałów pomiarowych**

<b>Lp.</b>	<b>Badanie</b>	<b>Nazwa/symbol przyrządu/materiału pomiarowego</b>
1	Oględziny endoskopowe powierzchni wewnętrznych	
2	Pomiary grubości ścianek	
3	Badania ultradźwiękowe	
4	Badania magnetyczno-proszkowe <i>(należy wpisać dwa przyrządy/materiały)</i>	
5	Pomiar twardości	

**Tabela 4. Identyfikacja uszkodzeń i wad oraz dobór metod naprawy elementów kotła**

<b>Lp.</b>	<b>Element kotła</b>	<b>Wynik badania</b>	<b>Rodzaj uszkodzenia/wady</b>	<b>Dopuszczony do eksploatacji <i>wpisz tak lub nie</i></b>	<b>Metoda naprawy</b>
1	Podgrzewacz wody				
2	Komora paleniskowa				
3	Przegrzewacz pary stropowy				
4	Przegrzewacz pary konwekcyjny				
5	Przegrzewacz pary grodziowy				
6	Przegrzewacz pary końcowy				

7	Regulatory pary				
8	Rurociągi pary i wody				
9	Walczak				

### **Obliczanie strat ciepłych kotła**

#### Obliczenie straty wylotowej

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

$S_w =$

#### Obliczenie straty niepełnego spalania

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

#### Obliczenie straty niecałkowitego spalania w żużlu

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

Obliczenie strat niecałkowitego spalania w popiele lotnym

$$S_p = \frac{0,8 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_p}{100 - C_p} \right) =$$

Obliczenie sumy strat

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

Obliczenie sprawności kotła

$$\eta_k = 100 - \Sigma S =$$

**Tabela 5. Straty i sprawność kotła**

Lp.	Parametry	Jednostka miary	Wartość
1	Strata wylotowa $S_w$	%	
2	Strata niezupełnego spalania $S_n$	%	
3	Strata niecałkowitego spalania w żużlu $S_z$	%	
4	Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym $S_p$	%	
5	Strata promieniowania $S_r$	%	
6	Suma strat cieplnych $\Sigma S$	%	
7	Obliczona sprawność kotła $\eta_k$	%	
8	Gwarantowana sprawność kotła*	%	
Gwarantowana sprawność kotła dotrzymana <i>wpisz tak lub nie</i>			

\*Wartość z danych technologicznych kotła

**Miejsce na obliczenia niepodlegające ocenie**

