

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

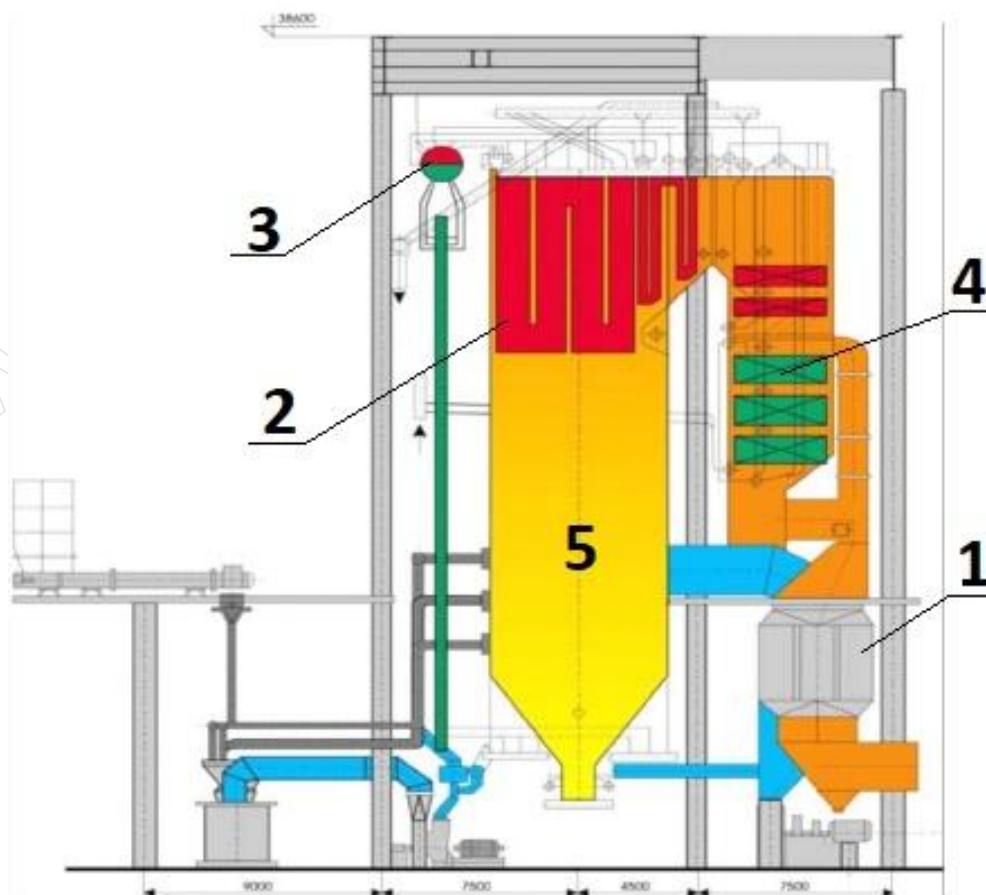
P – pyłowy opalany węglem kamiennym

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 ³	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 %

σ – 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 niezupełnego spalania

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

S_n – strata niezupełnego spalania w %

β – 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

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

ΣS – suma strat w %

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

Obliczenie sprawności kotła

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

η_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

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

Tabela 2. Dobór metod badań i pomiarów elementów kotła

Lp.	Element kotła	Metody badań/pomiarów	Wpisz tak lub nie
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

Lp.	Badanie	Nazwa/symbol przyrządu/materiału pomiarowego
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

Lp.	Element kotła	Wynik badania	Rodzaj uszkodzenia/wady	Dopuszczony do eksploatacji <i>wpisz tak lub nie</i>	Metoda naprawy
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 cieplnych 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 niezupełnego 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 straty niecałkowitego spalania w popiele lotnym

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

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 ΣS	%	
7	Obliczona sprawność kotła η_k	%	
8	Gwarantowana sprawność kotła*	%	
Gwarantowana sprawność kotła dotrzymana wpisz tak lub nie			

*Wartość z danych technologicznych kotła

Miejsce na obliczenia niepodlegające ocenie

www.EgzaminZawodowy.info

www.EgzaminZawodowy.info