

Nazwa kwalifikacji: **Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym**  
Symbol kwalifikacji: **CHM.06**  
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.

CHM.06-01-24.06-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 12 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

Na podstawie zamieszczonego opisu procesu technologicznego oraz wykazu danych technologicznych opracuj dokumentację związaną z produkcją etylobenzenu.

W tym celu wypełnij kartę technologiczną procesu alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej – Tabela 1. Uzupełnij informacje związane ze schematem ideowym procesu – Tabela 2. Uzupełnij informacje dotyczące schematu instalacji – Tabela 3. Wykonaj obliczenia dotyczące godzinowego zapotrzebowania na surowce do produkcji etylobenzenu – Tabela 4. Uzupełnij wykaz wartości parametrów pracy reaktora wraz z jednostką – Tabela 5.

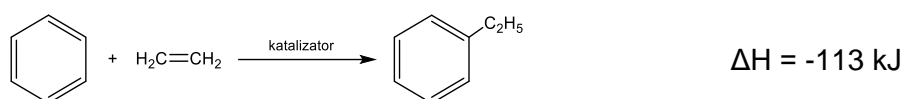
Na podstawie zamieszczonych wyciągów z kart charakterystyk substancji niebezpiecznych dokonaj doboru środków ochrony indywidualnej pracowników mających kontakt z etylenem oraz benzenem – Tabela 6.

### Opis procesu technologicznego alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej

#### Podstawy procesu

Nowoczesną technologią produkcji etylobenzenu jest alkilowanie benzenu etylenem, które prowadzi się w fazie gazowej z zastosowaniem katalizatora zeolitowego ZSM-5. Jest to metoda *Mobil-Badger*.

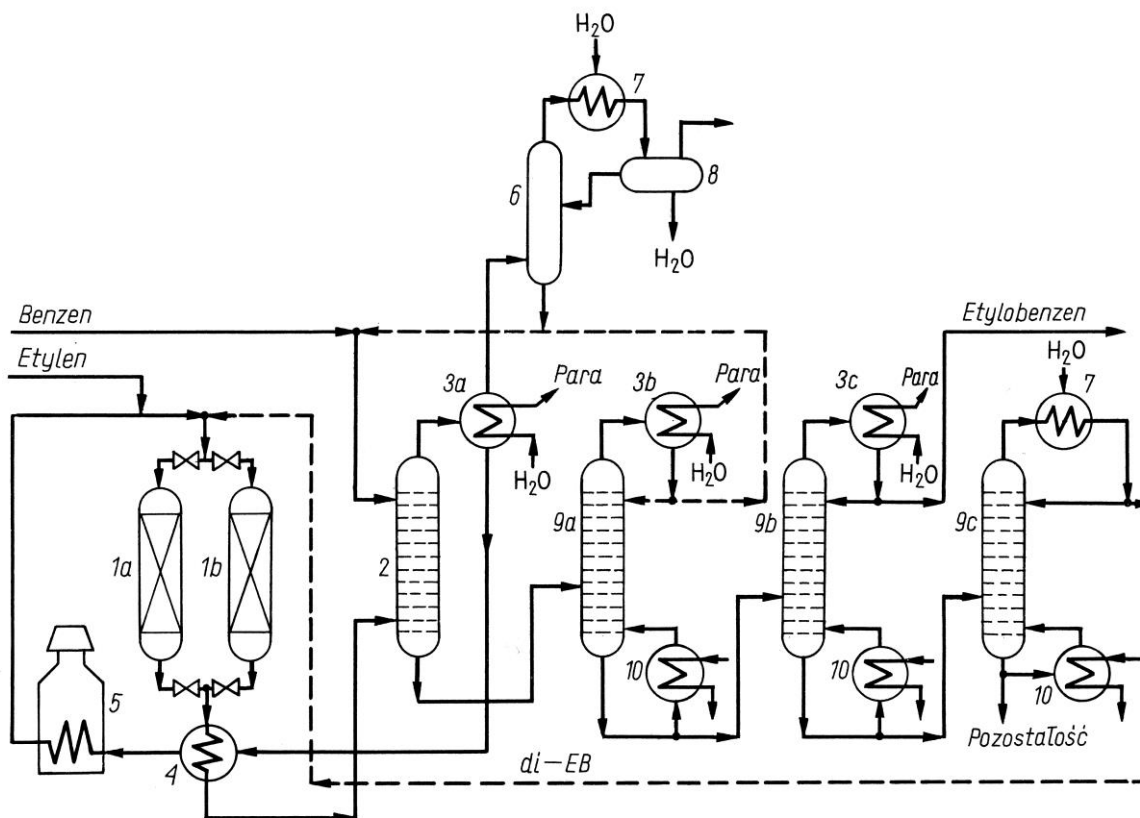
Proces ten przebiega zgodnie z reakcją przedstawioną równaniem



Wraz z reakcją główną zachodzi szereg reakcji ubocznych, w których powstają wyżej alkilowane pochodne benzenu, takie jak: dietylobenzen, trietylobenzen i tetraetylobenzen. W procesie alkilacji następuje zawracanie strumienia do momentu pozbycia się tych produktów ubocznych. Otrzymany w wyniku alkilacji etylobenzen zawiera tylko śladowe ilości dietylobenzenu i benzenu.

#### Przebieg procesu

Proces produkcji etylobenzenu metodą Mobil-Badger prowadzony jest w instalacji, której schemat przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat instalacji alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej

Do kolumny wstępnej wprowadza się mieszaninę świeżego i recykulowanego benzenu jako jej orosienie oraz mieszaninę poreakcyjną jako zasilanie dolnej części tej kolumny. Następuje w niej ogrzanie i odparowanie benzenu. Proces ten zachodzi z wykorzystaniem ciepła mieszaniny poreakcyjnej. W pierwszym kotła utylizatorze następuje odzysk ciepła ze strumienia odparowanego benzenu. Ciepło to jest wykorzystywane do produkcji pary niskociśnieniowej.

Pary benzenu wychodzącego z kotła utylizatora pracującego przy kolumnie wstępnej są skraplane w układzie aparatów: separator – chłodnica – oddzielnik i łączone z benzenem recykulowanym.

Zasadniczą część strumienia benzenu wychodzącego z pierwszego kotła przepływa do wymiennika ciepła, w którym ogrzewa się mieszaniną poreakcyjną. Następnie strumień ten jest podgrzewany w piecu. Po ogrzaniu do niezbędnej temperatury benzen miesza się z etylenem i recykulującym dietylobenzenem (di-EB). Tak przygotowana mieszanina jest wprowadzana do reaktora. Reaktor zawiera złożę katalizatora zeolitowego ZSM-5. Katalizator ten charakteryzuje się dużą selektywnością i stosunkowo wolno ulega dezaktywacji. Dezaktywacja polega przede wszystkim na osadzaniu się koksu powstającego w reakcjach ubocznych przebiegających w trakcie wysokotemperaturowego alkilowania. W instalacji przewidziane są dwa reaktory pracujące naprzemiennie. Przybliżony cykl pracy danego reaktora trwa około 7 tygodni. Zakoksowany katalizator usuwa się z reaktora i poddaje się regeneracji przez wypalanie koksu w odrębnej aparaturze. W tym czasie pracuje drugi reaktor.

Proces alkilowania przebiega w fazie gazowej w temperaturze  $370\pm 420^{\circ}\text{C}$ , pod ciśnieniem  $1,5\pm 2\text{ MPa}$ .

Mieszaninę poreakcyjną ochłodzoną w wymienniku ciepła i w kolumnie wstępnej wprowadza się do pierwszej kolumny rektyfikacyjnej, w której oddestylowuje się benzen. Pary benzenu z kolumny rektyfikacyjnej kierowane są do skraplacza pełniącego rolę kotła utylizatora, w którym wytwarza się parę niskociśnieniową. Skroplony benzen wychodzący ze skraplacza (kotła utylizatora) rozdzielany jest na dwa strumienie, z których jeden zawracany jest do tej kolumny rektyfikacyjnej, a drugi łączy się z porcją świeżego benzenu. Mieszanina ta zawracana jest do kolumny wstępnej. Surowy etylobenzen odbierany z dołu pierwszej kolumny rektyfikacyjnej kieruje się do następnej kolumny rektyfikacyjnej. Oddestylowuje się w niej etylobenzen od dietylobenzenów i ciężkich pozostałości. Gotowy etylobenzen kieruje się przez kocioł utylizator do zbiorników magazynowych lub bezpośrednio do instancji produkującej styren.

Dietylobenzeny i ciężkie pozostałości kierowane są do kolejnej kolumny rektyfikacyjnej w celu oddzielenia dietylobenzenów, które są zawracane do reaktora.

Proces alkilowania benzenu etylenem w fazie gazowej charakteryzuje się dużą efektywnością energetyczną, wszystkie kolumny rektyfikacyjne są wyposażone w pogrzewacze parowe w których energia cieplna wykorzystywana jest z kotłów utylizatorów.

### **Wykaz danych technologicznych**

Do obliczeń przyjmij, że

- masa otrzymanego etylobenzenu wynosi 67 t/h
- czystość benzenu wynosi 100%
- czystość produktu finalnego wynosi 100%
- wydajność procesu wynosi 98,5%
- czystość etylenu kierowanego do syntezy wynosi 99,9%

Objętość 1 mola gazu doskonałego w warunkach normalnych ( $t = 0^{\circ}\text{C}$  oraz  $p = 1013,25\text{ hPa}$ ) wynosi:

$$V = 22,41 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

Gęstość benzenu w temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  wynosi:  $d = 0,880 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$$M_{\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{C}_6\text{H}_6} = 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{C}_6\text{H}_5(\text{C}_2\text{H}_5)} = 106 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

## Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – etylen

Nazwa: ETEN

### Sekcja 1. Identyfikacja substancji chemicznej



Nazwa produktu: eten  
Wzór chemiczny:  $C_2H_4$   
Synonimy: etylen

### (...) Sekcja 2. Identyfikacja zagrożeń

#### 2.1. Klasyfikacja substancji lub mieszaniny

Zgodnie z rozporządzeniem WE Nr 1272/2008 (CLP).

#### (...) 2.2 Elementy oznakowania

Piktogramy zagrożenia			
	GHS02	GHS04	GHS07
Hasło ostrzegawcze	NIEBEZPIECZEŃSTWO		
Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia	H220 Skrajnie łatwopalna ciecz i pary. H280 Zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem. H336 Może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy.		
Zwroty wskazujące środki ostrożności	P210 Przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu. Palenie wzbronione. P261 Unikać wdychania pyłu/ dymu/gazu/mgły/par/ rozpylonej cieczy. P304+P340 W PRZYPADKU DOSTANIA SIĘ DO DRÓG ODDECHOWYCH: wyprowadzić lub wynieść poszkodowanego na świeże powietrze i zapewnić mu warunki do swobodnego oddychania. P377 W przypadku płonienia wyciekającego gazu: Nie gasić, jeżeli nie można bezpiecznie zahamować wycieku. P381 W przypadku wycieku wyeliminować wszystkie źródła zapłonu. P410+P403 Chronić przed światłem słonecznym. Przechowywać w dobrze wentylowanym miejscu.		

### (...) SEKCJA 8. Kontrola narażenia/środki ochrony indywidualnej

#### 8.2. Kontrola narażenia

##### **Techniczne środki kontroli**

Wentylacja ogólna i/lub wyciąg miejscowy są zalecane w celu utrzymania stężenia etylenu w powietrzu poniżej ustalonych wartości dopuszczalnych stężeń. Wentylacja ogólna lub miejscowa i instalacja elektryczna w wykonaniu przeciwwybuchowym. Preferowany jest wyciąg miejscowy, ponieważ umożliwia kontrolę emisji gazu u źródła i zapobiega jego rozprzestrzenianiu się na stanowiska pracy znajdujące się w jego zasięgu.

##### **Indywidualne środki ochrony**

Konieczność zastosowania i dobór odpowiednich środków ochrony indywidualnej powinny uwzględniać rodzaj zagrożenia stwarzanego przez produkt, warunków w miejscu pracy oraz sposób postępowania z produktem. Stosować środki ochrony renomowanych producentów. Środki ochrony osobistej powinny spełniać wymagania określone w normach i przepisach.

<b>Ochrona dróg oddechowych</b>	Przy niewielkim przekroczeniu dopuszczalnych stężeń maska przeciwgazowa z pochłaniaczem typu AX; przy wyższych stężeniach gazu aparaty oddechowe z niezależnym dopływem powietrza. W przypadku prac w ograniczonej przestrzeni/niedostatecznej zawartości tlenu w powietrzu/dużej niekontrolowanej emisji/wszystkich okoliczności stosować aparat oddechowy z niezależnym dopływem powietrza.
<b>Ochrona rąk</b>	Nosić rękawice ochronne nieprzepuszczalne (...).
<b>Ochrona oczu</b>	Okulary ochronne w szczelnej obudowie.
<b>Ochrona skóry i ciała</b>	Ubranie ochronne powlekane w wersji antyelektrostatycznej.

### Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – benzen

Nazwa: BENZEN

#### SEKCJA 1. Identyfikacja substancji chemicznej




Nazwa: BENZEN  
Wzór chemiczny: C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>  
Numer CAS: 71-43-2

#### (...) SEKCJA 2. Identyfikacja zagrożeń

##### 2.1. Klasyfikacja substancji lub mieszaniny

Zgodnie z rozporządzeniem WE Nr 1272/2008 (CLP).

##### (...) 2.2 Elementy oznakowania

<b>Piktogramy zagrożenia</b>	  
	GHS02                      GHS08                      GHS07
<b>Hasło ostrzegawcze</b>	NIEBEZPIECZEŃSTWO
<b>Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia</b>	H225 Wysoce łatwopalna ciecz i pary. H350 Może powodować raka. H340 Może powodować wady genetyczne. H372 Powoduje uszkodzenie narządów (układ krwiotwórczy) poprzez długotrwałe lub narażenie powtarzane (przez drogi oddechowe i po połknięciu). H304 Połknięcie i dostanie się przez drogi oddechowe może grozić śmiercią. H319 Działa drażniąco na oczy. H315 Działa drażniąco na skórę. H412 Działa szkodliwie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.
<b>Zwroty wskazujące środki ostrożności</b>	P202 Nie używać przed zapoznaniem się i zrozumieniem wszystkich środków bezpieczeństwa. P210 Przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu. Palenie wzbronione. P243 Podjąć działania zapobiegające wyładowaniom elektrostatycznym. P280 Stosować rękawice ochronne/odzież ochronną/ochronę oczu/ochronę twarzy.

## (...) SEKCJA 8. Kontrola narażenia/środki ochrony indywidualnej

### 8.1 Parametry dotyczące kontroli

Zalecane procedury monitoringu – metodyka pomiarów:

- Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 roku, w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy z późniejszymi zmianami.

### 8.2 Kontrola narażenia

#### 8.2.1 Stosowne techniczne środki kontroli

Wskazana hermetyzacja procesu.

Wentylacja i instalacja elektryczna w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Wentylacja ogólna i/lub wyciąg miejscowy są zalecane w celu utrzymania stężenia par w powietrzu poniżej niebezpiecznych wartości. Preferowany jest wyciąg miejscowy, ponieważ umożliwi kontrolę emisji u źródła i zapobiegnie rozprzestrzenianiu się na cały obszar pracy.

#### 8.2.2 Indywidualne środki ochrony

Konieczność zastosowania i dobór odpowiednich środków ochrony indywidualnej powinny uwzględniać rodzaj zagrożenia stwarzanego przez produkt, warunki w miejscu pracy oraz sposób postępowania z produktem.

Stosować środki ochrony renomowanych producentów.

Środki ochrony osobistej powinny spełniać wymagania określone w normach i przepisach.

<b>Ochrona oczu lub twarzy</b>	Okulary ochronne w szczelnej obudowie (gogle) w przypadku wykonywania czynności stwarzających ryzyko prysnięcia do oka lub narażenia na działanie par.
<b>Ochrona skóry i ciała</b>	Fartuch lub ubranie ochronne z tkanin powlekanych, odpornych na działanie rozpuszczalników; zalecane w wersji antyelektrostatycznej.
<b>Ochrona dróg oddechowych</b>	W normalnych warunkach, przy dostatecznej wentylacji nie są wymagane. W przypadku niedostatecznej wentylacji stosować zatwierdzony respirator z filtrem typu A. W przypadku prac w ograniczonej przestrzeni/niedostatecznej zawartości tlenu w powietrzu/dużej niekontrolowanej emisji/wszystkich okoliczności, kiedy maska z pochłaniaczem nie daje dostatecznej ochrony stosować izolujący sprzęt ochrony dróg oddechowych.
<b>Ochrona rąk</b>	Nosić rękawice ochronne nieprzepuszczalne, odporne na działanie olejów (np. perbutanu grubość >0,1 mm, odporność na przebicie >480 min., vitonu grubość >0,1 mm, odporność na przebicie >480 min., z kauczuku butylowego grubość >0,1 mm, odporność na przebicie >480 min). Wyboru materiału rękawic należy dokonać z uwzględnieniem zaleceń producenta rękawic w zakresie czasu przebicia, szybkości przenikania i degradacji. Zaleca się regularne zmienianie rękawic i natychmiastową ich wymianę, jeśli wystąpią jakiegokolwiek oznaki ich zużycia, uszkodzenia (rozerwania, przedziurawienia) lub zmiany w wyglądzie (kolorze, elastyczności, kształcie).

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie podlegać będzie 6 rezultatów:

- karta technologiczna procesu alkilowania – Tabela 1,
- opis schematu ideowego procesu alkilowania – Tabela 2,
- opis schematu instalacji alkilowania – Tabela 3,
- godzinowe zapotrzebowanie na surowce do produkcji etylobenzenu – Tabela 4,
- wykaz wartości parametrów pracy reaktora – Tabela 5,
- dobór środków ochrony indywidualnej pracowników – Tabela 6.

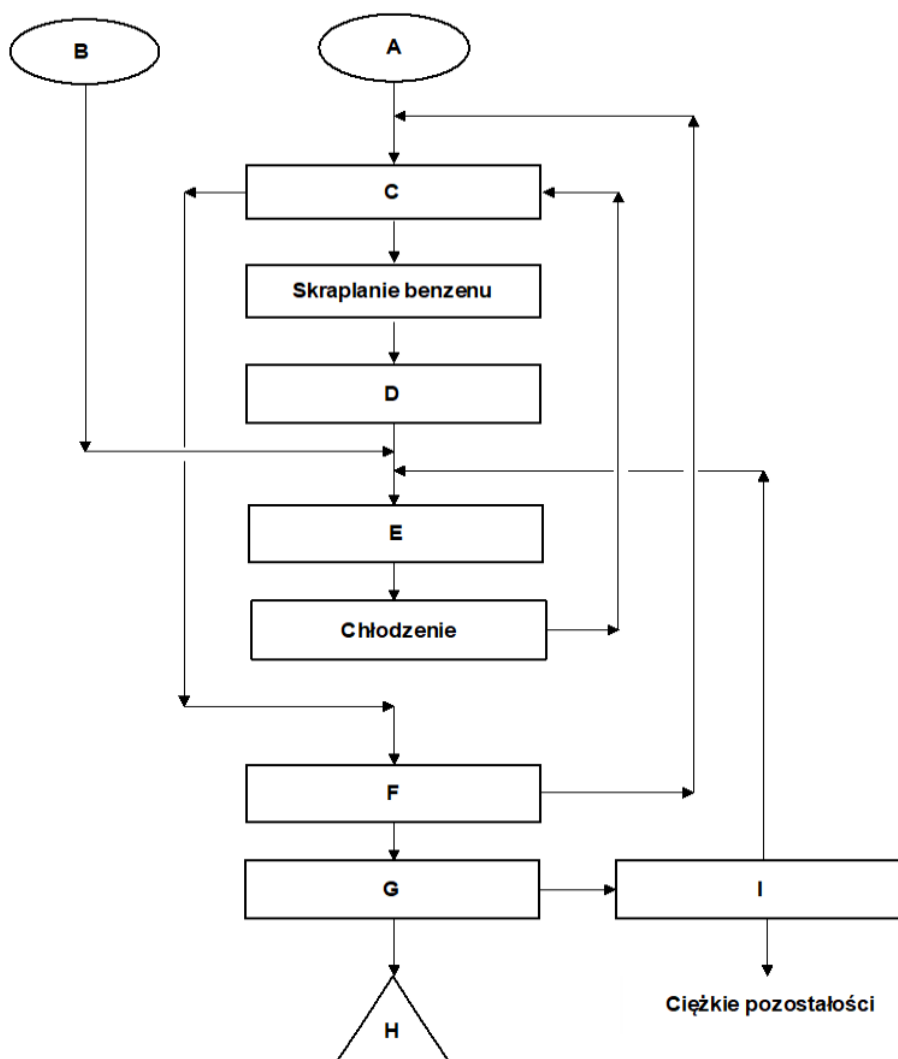
**Tabela 1. Karta technologiczna procesu alkilowania**

<b><i>Karta technologiczna procesu alkilowania (odpowiedzi wpisz w prawej kolumnie)</i></b>	
<b>Nazwa procesu technologicznego</b>	
<b>Nazwa metody</b>	
<b>Równanie reakcji</b>	
<b>Nazwa katalizatora</b>	
<b>Nazwy surowców</b>	1.
	2.
<b>Nazwy produktów ubocznych (należy wymienić trzy produkty uboczne)</b>	1.
	2.
	3.
<b>Sposób regeneracji katalizatora</b>	
<b>Masa otrzymanego produktu [t/h]</b>	
<b>Czystość użytego etylenu [%]</b>	
<b>Wydajność procesu [%]</b>	

**Tabela 2. Opis schematu ideowego procesu alkilowania**

(skorzystaj z Rysunku 2. – str. 8 arkusza egzaminacyjnego)

Oznaczenie pola na schemacie	Składnik wprowadzany do instalacji / Produkt / Operacja technologiczna
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	



**Rysunek 2. Schemat ideowy procesu alkilowania**

**Tabela 3. Opis schematu instalacji alkilowania**  
(skorzystaj z Rysunku 1. – str. 2 arkusza egzaminacyjnego)

Aparat/urządzenie/instalacja	Numer na schemacie
Kotły utylizatory	
	1a, 1b
Podgrzewacze parowe	
	8
Wymiennik ciepła	
Kolumna wstępna	
	6
	5
Chłodnice wodne	
Kolumny rektyfikacyjne	

**Tabela 4. Godzinowe zapotrzebowanie na surowce do produkcji etylobenzenu**

Parametr	Obliczenia	Wynik
<p>Masa etylenu przy założeniu całkowitego przereagowania oraz 100% czystości [kg]  <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa etylenu przy założonej wydajności [kg]  <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa etylenu przy założonej wydajności i założonej czystości [kg]  <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Objętość etylenu przy założonej wydajności i założonej czystości [m<sup>3</sup>]  <i>(W obliczeniach przyjmij występowanie warunków normalnych, wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa benzenu przy założeniu całkowitego przereagowania [kg]  <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Masa benzenu przy założonej wydajności [kg]  <i>(Wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		
<p>Objętość benzenu przy założonej wydajności [m<sup>3</sup>]  <i>(W obliczeniach przyjmij temperaturę 20 °C, wynik podaj z dokładnością do liczb całkowitych)</i></p>		

**Tabela 4. Wykaz wartości parametrów pracy reaktora**  
(wpisz wartość z jednostką)

Parametr	Wartość
Temperatura	
Ciśnienie	

**Tabela 5. Dobór środków ochrony indywidualnej pracowników**  
(dotyczy pracowników mających kontakt z etylenem oraz z benzenem)

Rodzaj ochrony	Środki ochrony indywidualnej przy pracy z etylenem przy niewielkim przekroczeniu dopuszczalnych stężeń	Środki ochrony indywidualnej przy pracy z benzenem przy niedostatecznej wentylacji
Ochrona dróg oddechowych*		
Ochrona oczu		
Ochrona rąk*		dobierz jeden typ rękawic, podaj nazwę materiału, grubość, odporność na przebicie:
Ochrona skóry i ciała		

\*Uwaga: konieczne jest dokonanie wyboru

**Brudnopis (nie podlega ocenie)**

