

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*

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

Numer stanowiska

--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut

CHM.06-01-26.01-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 13 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

Na podstawie zamieszczonego opisu procesu produkcji kumenu oraz wykazu danych technologicznych opracuj dokumentację dotyczącą tej produkcji.

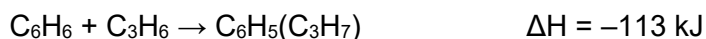
W tym celu wypełnij kartę technologiczną procesu otrzymywania kumenu – Tabela 1. Uzupełnij opis schematu ideowego procesu – Tabela 2. Wpisz informacje dotyczące schematu instalacji – Tabela 3. Wykonaj obliczenia godzinowego zapotrzebowania na benzen i propylen – Tabela 4. Uzupełnij wykaz wartości parametrów procesu z podaniem miejsca kontroli – Tabela 5.

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

Opis procesu produkcji kumenu w fazie ciekłej

Chemizm procesu

Kumen (prop-2-ylobenzen) otrzymuje się w reakcji alkilowania benzenu propylenem. Proces ten przebiega zgodnie z zapisanym równaniem reakcji:



Surowce

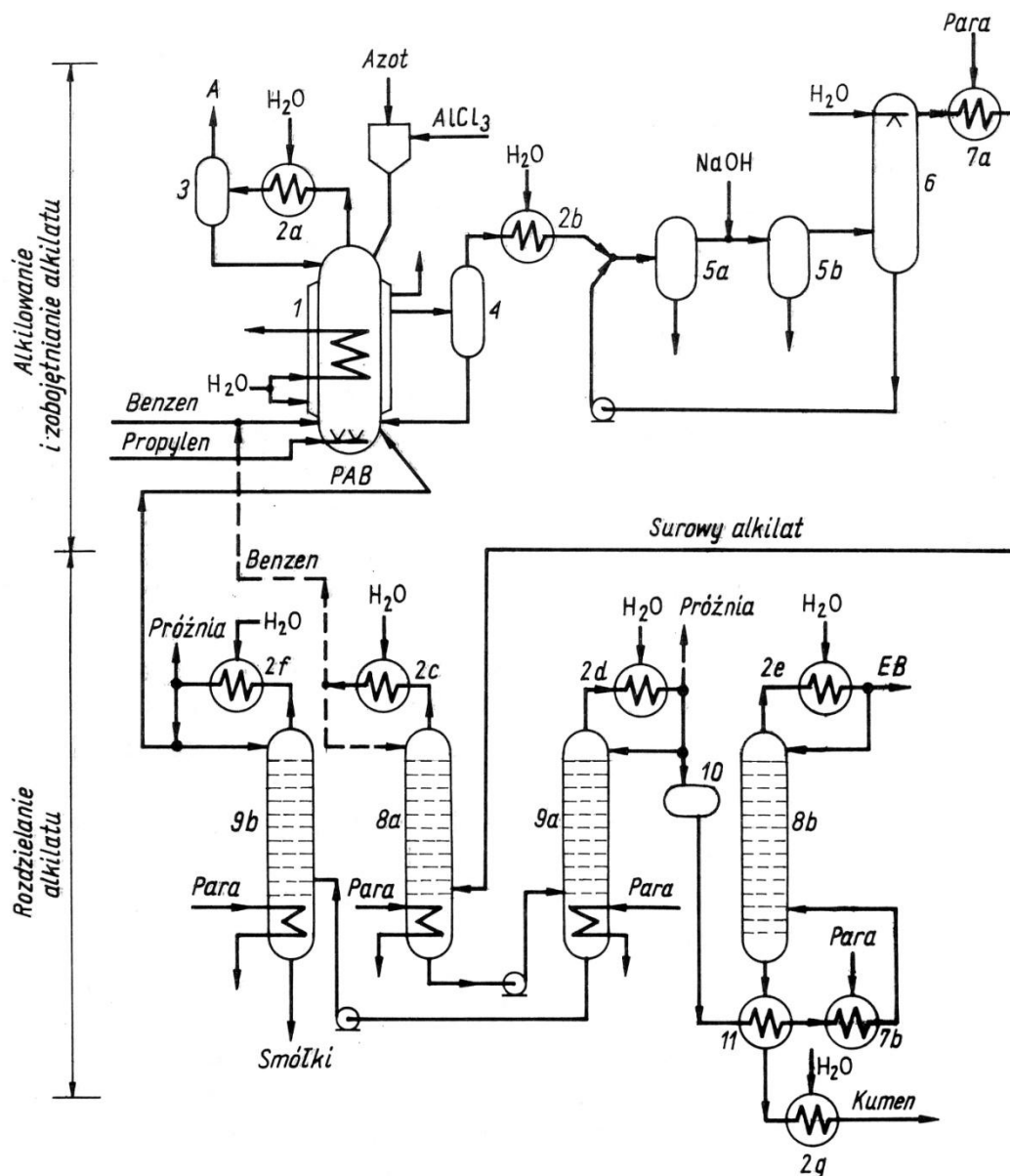
Proces alkilowania benzenu propylenem prowadzi się w fazie ciekłej, jako katalizator stosuje się chlorek glinu o czystości 98÷99%.

Benzen do produkcji kumenu musi być dokładnie oczyszczony i osuszony. Szczególnie ważne jest osuszenie zarówno benzenu jak i propylenu, ponieważ obecna w węglowodorach woda reaguje z chlorkiem glinu. W wyniku tej reakcji powstaje chlorowodór, co wzmaga korozję aparatury. Benzen nie może zawierać więcej niż 0,003% masowych wody. Osusza się go metodą destylacji azeotropowej. Mieszanina azeotropowa benzenu i wody po jej skropleniu rozdziela się na dwie warstwy – benzenową i wodną. Warstwa benzenowa zawiera benzen o właściwej czystości i odpowiednim stopniu osuszenia. Propylen dostarczany jest z instalacji rozdzielania gazów pirolitycznych lub krakingowych, pozyskiwany z tej instalacji jest już osuszony i o wysokiej czystości 99%.

Surowce używane do produkcji są kontrolowane pod względem jakościowym w zbiornikach manipulacyjnych zasilających instalację.

Przebieg i parametry

Schemat instalacji alkilowania benzenu propylenem przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek.1 Schemat instalacji alkilowania benzenu propylenem (produkcja kumenu)

Proces otrzymywania kumenu można podzielić na następujące etapy:

- osuszanie benzenu i przygotowanie propylenu;
- alkilowanie benzenu propylenem;
- rozdzielanie mieszaniny poalkilacyjnej.

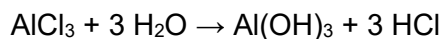
Reakcja alkilowania benzenu jest egzotermiczna. Jej szybkość zależy od szybkości rozpuszczania propylenu w benzenie, która wzrasta przy zastosowaniu mieszadła. W przedstawionym procesie reaktor pracuje bez mieszadła, należy zatem kontrolować, aby reakcja nie przebiegała zbyt gwałtownie. W celu utrzymania odpowiedniej temperatury wystarcza chłodzenie wodą przepływającą przez płaszcz reaktora i wężownicę wewnętrzną.

Przygotowanie reaktora do pracy polega na wprowadzeniu do niego odpowiedniej ilości osuszonego benzenu oraz katalizatora, który włączany jest za pomocą azotu ze specjalnego zbiornika umieszczonego nad reaktorem. Właściwy proces rozpoczyna się w momencie otwarcia dopływu propylenu i rozpoczęcia stałego zasilania benzenem. Alkilowanie prowadzi się w temperaturze $110\text{ }^{\circ}\text{C}+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ pod ciśnieniem $0,5\text{ MPa}$. Ze szczytu reaktora odbiera się gaz zawierający nieprzereagowany benzen oraz chlorowódor wytworzony z niepożądanego reakcji katalizatora z wodą wprowadzoną wraz z surowcami. Gaz ten ma silne działanie korodujące. Benzen skroplony w chłodnicy wyłożonej karitem kierowany jest do separatora, skąd

jest zwracany do reaktora. Gaz, który po zobojętnieniu zawiera mniej niż 3% HCl, jest wypuszczany do atmosfery.

W procesie tym tworzą się również wyższe alkilobenzeny np. diizopropylobenzeny, triizopropylobenzeny oraz związki polialkilobenzeny (PAB), które w układach destylacyjnych pozostają w smółkach pokumenowych. Stosunek powstałego w procesie kumenu do ilości polialkilobenzenów zależy od ilości propylenu przypadającego na jeden mol benzenu. W prowadzonym na instalacji procesie alkilowania optymalne ilości wprowadzanego propylenu wynoszą $0,2 \pm 0,25$ mola na 1 mol benzenu uczestniczącego w reakcji. W tych warunkach otrzymuje się alkilat zawierający około 35% kumenu i 4÷6% polialkilobenzenów. Zwiększenie ilości wprowadzanego do reaktora propylenu prowadzi do szybkiego wzrostu ilości polialkilobenzenów i nieznacznego wzrostu ilości kumenu w alkilacie.

Mieszanina poreakcyjna, nazywana alkilatem, spływa z reaktora do odstoju, w którym oddziela się główną masę katalizatora. Oddzielony katalizator powraca grawitacyjnie do dolnej części reaktora. Resztę katalizatora unoszonego przez alkilat rozkłada się w oddzielaczu wodą z wieży myjącej wprowadzoną inżektorowo do ochłodzonego w chłodnicy alkilatu. Rozkład ten przebiega zgodnie z równaniem reakcji:



Zakwaszony alkilat oddziela się od wody zawierającej $\text{Al}(\text{OH})_3$ w rozdzielaczu, a następnie zobojętnia się go za pomocą 15% roztworu zasady sodowej i wymywa wodą w wieży myjącej. Tak otrzymany surowy alkilat rozdziela się w węzłokolumn rektyfikacyjnych (dwie z nich pracują pod zmniejszonym ciśnieniem), wydzielając kumen. Tak otrzymany kumen ma wysoką czystość równą 99,9%. Instalacja do produkcji kumenu jest integralną częścią wytwórni acetonu i fenolu.

Wykaz danych technologicznych

Do obliczeń przyjmij, że

- masa kumenu o czystości 99,9%, otrzymywanego w ciągu godziny, wynosi 5,2 t,
- czystość benzenu wynosi 100%,
- gęstość benzenu w temperaturze 20 °C wynosi 0,880 g/cm³,
- czystość propylenu wynosi 99,0%,
- wydajność procesu wynosi 95,0%.

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

$$V = 22,4 \text{ dm}^3$$

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

$$M_{\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3} = 42 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{C}_6\text{H}_5(\text{C}_3\text{H}_7)} = 120 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – benzen

SEKCJA 1. Identyfikacja substancji chemicznej




Nazwa: BENZEN
Wzór chemiczny: C₆H₆
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

Piktogramy zagrożenia	  
	GHS02 GHS08 GHS07
Hasło ostrzegawcze	NIEBEZPIECZEŃSTWO
Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia	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.
Zwroty wskazujące środki ostrożności	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 umożliwia kontrolę emisji u źródła i zapobiega 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.

Ochrona oczu lub twarzy	Okulary ochronne w szczelnej obudowie (gogle) w przypadku wykonywania czynności stwarzających ryzyko prysnięcia do oka lub narażenia na działanie par.
Ochrona skóry i ciała	Fartuch lub ubranie ochronne z tkanin powlekanych, odpornych na działanie rozpuszczalników; zalecane w wersji antyelektrostatycznej.
Ochrona dróg oddechowych	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.
Ochrona rąk	Nosić rękawice ochronne nieprzepuszczalne, odporne na działanie olejów (np. z perbutanu grubość >0,1 mm, odporność na przebicie >480 min, z witonu 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).



Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – propylen

SEKCJA 1. Identyfikacja substancji chemicznej

Nazwa: Propen, propylen, prop-1-en
Wzór chemiczny: C₃H₆
Numer CAS: 115-07-1

(...) SEKCJA 2. Identyfikacja zagrożeń

(...) 2.2 Elementy oznakowania

Piktogramy zagrożenia	 GHS02  GHS04
Hasło ostrzegawcze	NIEBEZPIECZEŃSTWO
Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia	H220 Skrajnie łatwopalny gaz. H280 Zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem.
Zwroty wskazujące środki ostrożności	P210 Przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu. Palenie wzbronione. P271 Stosować wyłącznie na zewnątrz lub w dobrze wentylowanym pomieszczeniu. P377 W przypadku płonienia wyciekającego gazu: Nie gasić, jeżeli nie można bezpiecznie zahamować wycieku. P381 W przypadku wycieku wyeliminować wszystkie źródła zapłonu. P403 Przechowywać w dobrze wentylowanym miejscu.

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

8.1 Parametry dotyczące kontroli

Najwyższe dopuszczalne wartości stężenia w środowisku pracy / Procedury monitorowania Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.

8.2. 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.

Ochrona oczu lub twarzy	Okulary ochronne w szczelnej obudowie.
Ochrona skóry i ciała	Ubranie ochronne powlekane w wersji antyelektrostatycznej.
Ochrona dróg oddechowych	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, kiedy maska z pochłaniaczem nie dają dostatecznej ochrony stosować aparat oddechowy z niezależnym dopływem powietrza.
Ochrona rąk	Rękawice ochronne powlekane grubość >0,1 mm. Wyboru materiału rękawic należy dokonać z uwzględnieniem zaleceń producenta rękawic w zakresie czasu przebicia.

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie podlegać będzie 6 rezultatów:

- karta technologiczna procesu otrzymywania kumenu – tabela 1,
- opis schematu ideowego produkcji kumenu – tabela 2,
- opis schematu alkilowania benzenu propylenem w fazie ciekłej – tabela 3,
- zestawienie obliczeń i wyników dotyczących godzinowego zapotrzebowania na benzen i propylen – tabela 4,
- wykaz wartości parametrów procesu z podaniem miejsca kontroli – tabela 5,
- dobór środków ochrony indywidualnej pracowników – tabela 6.

Tabela 1. Karta technologiczna procesu otrzymywania kumenu

Lp.	Karta technologiczna procesu (odpowiedzi wpisz w wierszach w prawej kolumnie)	
1.	Nazwa procesu technologicznego	
2.	Równanie reakcji zachodzącej podczas procesu	
3.	Nazwy surowców wprowadzanych do instalacji	1.
		2.
4.	Nazwa oraz wzór związku chemicznego stosowanego jako katalizator	
5.	Metoda osuszania benzenu	
6.	Zawartość AlCl_3 w katalizatorze [%]	
7.	Masa kumenu otrzymywanego w ciągu godziny [t]	
8.	Całkowita wydajność procesu [%]	
9.	Nazwa produktu głównego	
10.	Czystość otrzymywanego produktu głównego [%]	

Schemat ideowy produkcji kumenu

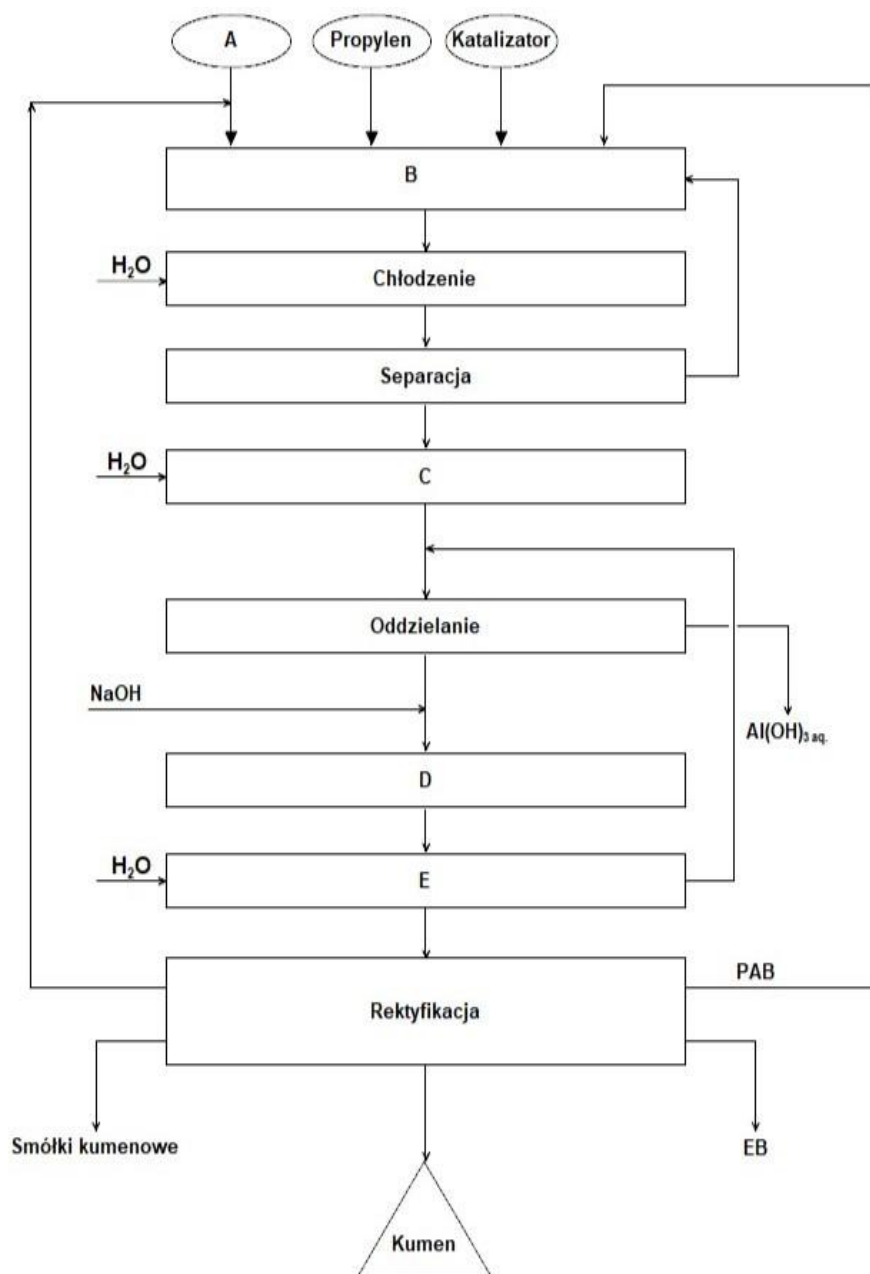


Tabela 2. Opis schematu ideowego produkcji kumenu

Oznaczenie pola na schemacie	Nazwa
A	
B	
C	
D	
E	

Tabela 3. Opis schematu instalacji alkilowania benzenu propylenem w fazie ciekłej
(W pustych polach tabeli wpisz odpowiednio brakującą nazwę lub brakujące oznaczenie)

Nazwa	Oznaczenie na schemacie instalacji
	2a
wieża myjąca	
reaktor	
	3
	5a
	4

Tabela 4. Zestawienie obliczeń i wyników dotyczących godzinowego zapotrzebowania na benzen i propylen

(wyniki obliczeń podaj z dokładnością do liczb całkowitych, do kolejnych obliczeń wykorzystaj zaokrąglone wyniki z poprzedniego etapu obliczeń)

L.p	Parametr	Obliczenia	Wynik
1.	Masa kumenu o 100% czystości [kg]		
2.	Stechiometryczna masa benzenu przy założeniu 100% wydajności [kg]		
3.	Masa benzenu przy założonej wydajności [kg]		
4.	Objętość benzenu przy założonej wydajności [m ³] (W obliczeniach przyjmij temperaturę 20 °C)		
5.	Stechiometryczna masa propylenu przy założeniu całkowitego przereagowania oraz 100% czystości [kg]		
6.	Masa propylenu o wymaganej czystości [kg]		

7.	Masa propylenu o wymaganej czystości przy założonej wydajności [kg]		
8.	Objętość propylenu o wymaganej czystości przy założonej wydajności [m ³] <i>(W obliczeniach przyjmij występowanie warunków normalnych)</i>		

Tabela 5. Wykaz wartości parametrów procesu z podaniem miejsca kontroli

Badany parametr	Miejsce kontroli	Jednostka	Wartość
Zawartość wody w benzenie		%	
Czystość propylenu		%	
Temperatura alkilacji		°C	
Ciśnienie podczas alkilacji		MPa	

Tabela 6. Dobór środków ochrony indywidualnej pracowników
(dotyczy pracowników mających kontakt z benzenem i propylenem)

Miejsce ochrony	Dobry <u>jeden</u> środek ochrony indywidualnej przy pracy z <u>benzenem</u> w normalnych warunkach, przy odpowiedniej wentylacji (pełny opis)	Dobry <u>jeden</u> środek ochrony indywidualnej przy pracy z <u>propylenem</u> przy niewielkim przekroczeniu dopuszczalnych stężeń (pełny opis)
Ochrona oczu lub twarzy		
Ochrona rąk		
Ochrona skóry i ciała		
Ochrona dróg oddechowych		