

Nazwa kwalifikacji: **Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym**  
Oznaczenie 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.06-01-23.06-SG

# EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2023  
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 13 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 wliczony 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 opisu procesu technologicznego oraz wykazu danych technologicznych opracuj kartę technologiczną procesu produkcji kwasu tereftalowego (kwasu benzeno-1,4-dikarboksylowego) – Tabela 1. Uzupełnij informacje związane ze schematem ideowym procesu – Tabela 2. Korzystając z opisu procesu technologicznego produkcji kwasu tereftalowego, uzupełnij informacje dotyczące uproszczonego schematu instalacji – Tabela 3.

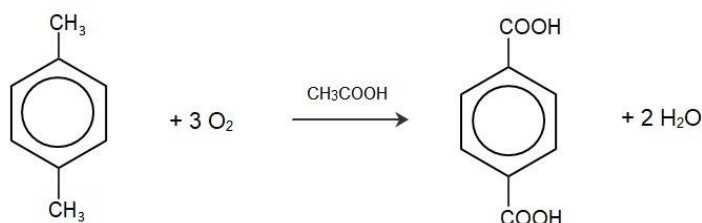
Na podstawie wykazu danych technologicznych wykonaj obliczenia dotyczące dobowego zapotrzebowania na surowce, katalizator i rozpuszczalnik do produkcji kwasu tereftalowego – Tabela 4. Uzupełnij wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli – Tabela 5.

Na podstawie wyciągu z karty charakterystyki substancji niebezpiecznej uzupełnij wykaz indywidualnych środków ochrony oraz wypisz sposoby udzielania pierwszej pomocy przy kontakcie z kwasem tereftalowym – Tabela 6.

### Opis procesu technologicznego produkcji kwasu tereftalowego z *p*-ksylenu

#### Chemizm procesu

Kwas tereftalowy otrzymuje się metodą katalitycznego utlenienia *p*-ksylenu. Reakcja główna tego procesu zachodzi zgodnie z równaniem



Utlenianie *p*-ksylenu (1,4-dimetylobenzenu) do kwasu tereftalowego jest procesem katalitycznym w układzie homogenicznym prowadzonym w roztworze kwasu octowego, w którym rozpuszczony jest katalizator np. octan kobaltu i promotor reakcji, np. bromek sodu. Tak dobrany katalizator i promotor reakcji powodują nie tylko zwiększenie jej szybkości, ale również uzyskanie pożądanego produktu (duża selektywność). Podczas utleniania *p*-ksylenu najpierw powstaje aldehyd, a następnie kwas *p*-toluilowy (kwas 4-metylobenzenokarboksylowy). Utlenianie kolejnej grupy metylowej przebiega bardzo wolno z uwagi na obecność grupy karboksylowej. W celu przyspieszenia tej reakcji do procesu dodawany jest katalizator i promotor reakcji.

Proces ten nie może być prowadzony w fazie gazowej, ponieważ w przypadku zastosowania wysokiej temperatury istnieje ryzyko rozkładu nietrwałego kwasu tereftalowego. Jako czynnik utleniający może być wykorzystane powietrze lub tlen.

#### Przebieg procesu utleniania *p*-ksylenu do kwasu tereftalowego

Proces prowadzony jest w roztworze kwasu octowego, w którym dobrze rozpuszcza się *p*-ksylen, katalizator i promotor. W kwasie tym rozpuszczają się również produkty reakcji ubocznych. Powstały kwas tereftalowy nie jest rozpuszczalny w kwasie octowym i w miarę powstawania wytrąca się w mieszaninie reakcyjnej. Do reaktora, wykonanego z wysokojakościowej stali stopowej, doprowadzany jest *p*-ksylen oraz recyrkulujący roztwór katalizatora i promotora w kwasie octowym. Do dolnej części reaktora wprowadzane jest powietrze, jako czynnik utleniający. Powietrze musi być wprowadzone w takim nadmiarze, aby nie została przekroczona dolna granicy wybuchowości *p*-ksylenu (1,1% objętościowych). Ciepło reakcji utleniania odbierane jest w procesie odparowania *p*-ksylenu i kwasu octowego. Dodatkowo prowadzi się chłodzenie wodą doprowadzaną do wężownicy reaktora.

Utlenianie *p*-ksylenu w reaktorze prowadzi się w temperaturze ok. 150°C oraz pod ciśnieniem 1,53 MPa wobec katalizatora, którym jest octan kobaltu. Katalizator użyty jest w ilości 0,4% masowych w stosunku do *p*-ksylenu. Promotorem użytym do tego procesu jest bromek sodu. Do reaktora zawracany jest strumień nieprzereagowanego *p*-ksylenu i kwas octowy, odbierany z górnej części reaktora i kierowany poprzez

chłodnicę do separatora. W separatorze następuje oddzielenie roztworu *p*-ksylenu i kwasu octowego od gazów wydmuchowych. Proces ten przebiega w temperaturze ok. 60°C i pod ciśnieniem 0,1 MPa. Temperatura gazów wydmuchowych wychodzących z separatora wynosi 40°C.

Z dolnej części reaktora odbierana jest zawiesina kwasu tereftalowego w kwasie octowym z rozpuszczonym katalizatorem. Otrzymaną zawiesinę kieruje się poprzez zbiornik pośredni do wirówki. Z wirówki odbiera się kryształy surowego kwasu tereftalowego, które poddaje się przekryształowaniu i innym procesom oczyszczania.

Filtrat z wirówki kierowany jest do kolumny, w której oddestylowuje się wodę, a pozostałość stanowiącą roztwór katalizatora w kwasie octowym zawraca się do reaktora. Część tego roztworu kieruje się do kolejnej kolumny w celu oddzielenia smolistych pozostałości, które gromadzą się w trakcie wielokrotnego cyrkulowania roztworu. Zregenerowany kwas octowy odbierany z góry kolumny dołącza się do strumienia zawracanego do reaktora.

**Wykaz danych technologicznych niezbędnych do wykonania obliczeń dotyczących zapotrzebowania na surowce, katalizator oraz rozpuszczalnik do produkcji kwasu tereftalowego**

- wydajność godzinowa instalacji do produkcji 96%-owego kwasu tereftalowego: 1 t/godzinę
- wskaźnik zużycia katalizatora: 0,08 kg na 1 t produktu (96%-owego)
- zawartość tlenu w powietrzu: 21% objętościowych
- wskaźnik zużycia kwasu octowego: 33 kg na 1 t produktu (96%-owego)
- wydajność procesu: 99%

$$M_{\text{kwasu tereftalowego}} = 166 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{p-ksylenu}} = 106 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$$

***W obliczeniach zastosuj dla gazów warunki normalne***

***Wyniki obliczeń podaj z dokładnością do liczb całkowitych***

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

**Ocenię podlegać będzie 6 rezultatów:**

- karta technologiczna procesu – Tabela 1,
- opis uproszczonego schematu ideowego produkcji kwasu tereftalowego – Tabela 2,
- opis schematu instalacji do produkcji kwasu tereftalowego – Tabela 3,
- dobowe zapotrzebowanie na surowce, katalizator i rozpuszczalnik do produkcji kwasu tereftalowego - zestawienie obliczeń i wyników – Tabela 4,
- wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli – Tabela 5,
- wykaz indywidualnych środków ochrony i sposobów udzielania pierwszej pomocy przy kontakcie z kwasem tereftalowym – Tabela 6.

## Wyciąg z karty charakterystyki substancji niebezpiecznej

	<b>KARTA CHARAKTERYSTYKI NIEBEZPIECZNEJ SUBSTANCJI</b>	
Nazwa:	<b>K W A S T E R E F T A L O W Y</b>	

### 1. IDENTYFIKACJA SUBSTANCJI CHEMICZNEJ

Nazwa produktu: Kwas tereftalowy

Synonimy: Terephthalic acid, Kwas 1,4-benzenodikarboksylowy, PTA

### (...) 3. IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ

#### 3.1 Klasyfikacja substancji lub mieszaniny

Nie jest substancją lub mieszaniną niebezpieczną zgodnie z rozporządzeniem (WE) 1272/2008. Ta substancja nie została sklasyfikowana jako niebezpieczna zgodnie z dyrektywą 67/548/EWG.

#### 3.2 Elementy oznakowania

Produkt nie wymaga oznakowania zgodnie z dyrektywami UE lub odpowiadającymi im przepisami krajowymi.

#### 3.3 Inne zagrożenia

Ta substancja/mieszanina nie zawiera składników uważanych albo za trwale, podlegające bioakumulacji i toksyczne, albo bardzo trwale i podlegające bardzo silnej bioakumulacji na poziomie 0,1% bądź powyżej. Pali się w środowisku pożaru. Może tworzyć z powietrzem wybuchowe obłoki pyłowe. Wybuch może być inicjowany otwartym płomieniem lub wysokoenergetycznym wyładowaniem elektrostatycznym.

### (...) 4. ŚRODKI PIERWSZEJ POMOCY

#### 4.1 Opis środków pierwszej pomocy

<b>Kontakt z oczami</b>	Zanieczyszczone oczy płukać, przy szeroko rozwartych powiekach, ciągłym strumieniem wody przez około 15 minut. W razie potrzeby zapewnić poszkodowanemu konsultację okulistyczną. UWAGA: Nie stosować zbyt silnego strumienia wody, aby nie uszkodzić rogówki.
<b>Przez drogi oddechowe</b>	Osobie nieprzytomnej nie podawać niczego doustnie i nie prowokować wymiotów. Personelowi medycznemu udzielającemu pomocy pokazać kartę charakterystyki.
<b>Przez przewód pokarmowy</b>	Wypłukać usta wodą, następnie podać poszkodowanemu do wypicia wodę lub wodę z solą i próbować sprowokować wymioty. W razie połknięcia większych ilości PTA zapewnić pomoc lekarską.
<b>Kontakt ze skórą</b>	Zdjąć zanieczyszczoną odzież. Zanieczyszczoną skórę zmywać dokładnie letnią wodą z mydłem. W razie potrzeby skonsultować się z lekarzem.

### (...) 7. POSTĘPOWANIE Z SUBSTANCJAMI I MIESZANINAMI ORAZ ICH MAGAZYNOWANIE

#### 7.1 Środki ostrożności dotyczące bezpiecznego postępowania.

**Zapobieganie zatruciom:** Unikać wdychania pyłu; unikać zanieczyszczenia oczu; pracować w dobrze wentylowanych pomieszczeniach. Przestrzegać podstawowych zasad higieny: nie jeść, nie pić, nie palić tytoniu na stanowisku pracy, każdorazowo po zakończeniu pracy myć ręce wodą z mydłem, nie dopuszczać do zanieczyszczenia ubrania. Zanieczyszczone ubranie uprać przed ponownym użyciem. Stosować środki ochrony indywidualnej zgodnie z informacjami zamieszczonymi w sekcji 8 karty charakterystyki. Zapewnić łatwy dostęp do sprzętu ratunkowego (na wypadek pożaru, uwolnienia itp.).

**Zapobieganie pożarom i wybuchom:** unikać czynności powodujących pylenie PTA, wyeliminować źródła zapłonu - ugasić otwarty ogień, nie palić tytoniu i odzieży z tkanin podatnych na elektryzację, chronić zbiorniki przed nagraniem.

## 7.2. Warunki bezpiecznego magazynowania, w tym informacje dotyczące wszelkich wzajemnych niezgodności.

Magazynować we właściwie oznakowanych opakowaniach producenta, w pomieszczeniach wyposażonych w instalację wentylacyjną. Przechowywać z dala od silnych utleniaczy i innych materiałów, z którymi może reagować niebezpiecznie (zob. sekcja 10 karty charakterystyki). Na terenie magazynu przestrzegać zakazu palenia tytoniu i używania otwartego ognia. UWAGA: Opróżnione, nieoczyszczone opakowania mogą zawierać pozostałości produktu (pył) podatne do tworzenia obłoków pyłowych - zagrożenie pożarowe/wybuchowe. Zachować ostrożność. Nieoczyszczonych naczyń/zbiorników nie wolno: ciąć, wiercić, szlifować, spawać ani wykonywać tych czynności w ich pobliżu.

## 8. KONTROLA NARAŻENIA/ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ

### (...) 8.2 Kontrola narażenia

#### 8.2.1 Stosowne techniczne środki kontroli

Zalecane są wentylacja ogólna i/lub wyciąg miejscowy w celu utrzymania stężenia pyłu w powietrzu poniżej ustalonych wartości dopuszczalnych stężeń. Preferowany jest wyciąg miejscowy, ponieważ umożliwia kontrolę emisji pyłu u źródła i zapobiega rozprzestrzenianiu się na stanowiska pracy znajdujące się w jego zasięgu.

#### 8.2.2 Indywidualne środki ochrony

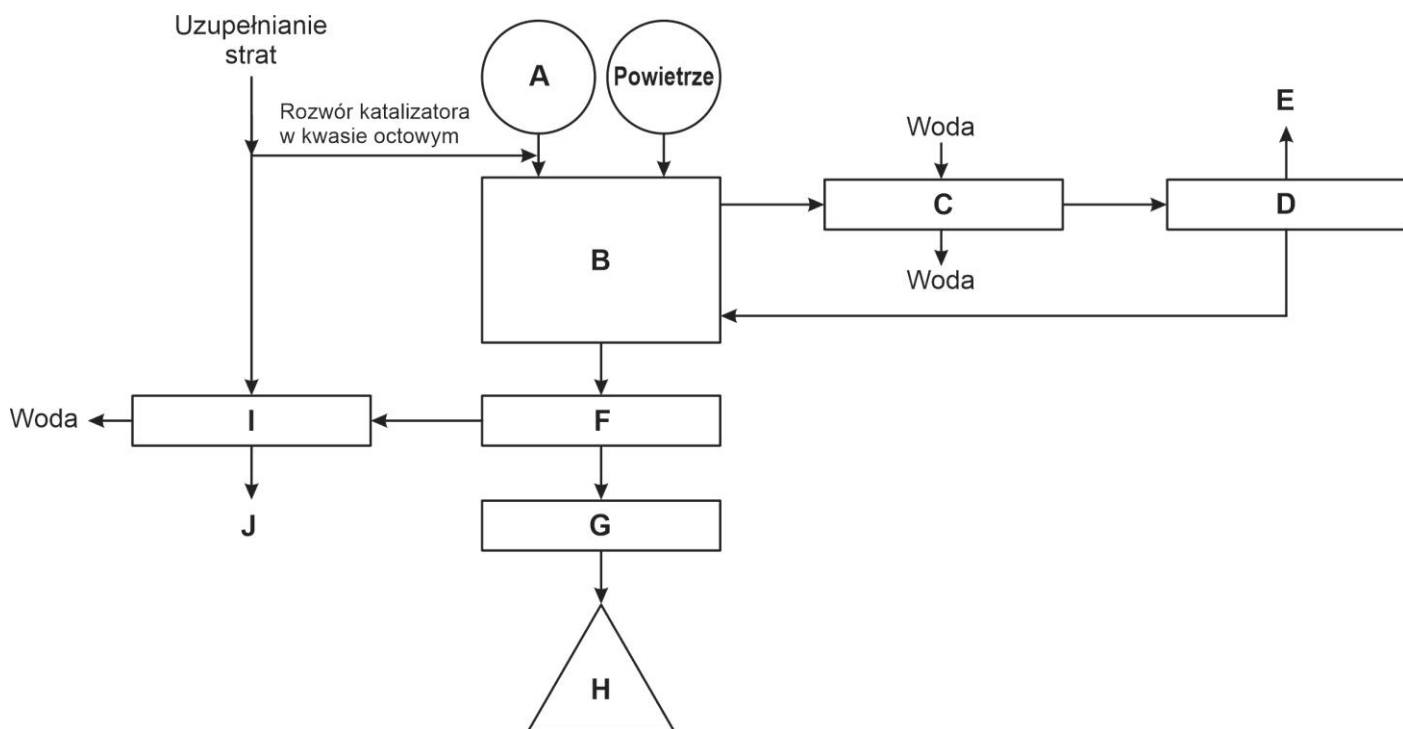
Należy właściwie dobrać odzież ochronną do miejsca pracy, zależnie od stężenia i ilości substancji niebezpiecznych. Odporność odzieży ochronnej na chemikalia powinna być stwierdzona przez odpowiedniego dostawcę.

<b>Ochrona oczu lub twarzy</b>	W normalnych warunkach nie są wymagane. Okulary ochronne w szczelnej obudowie w przypadku zapyłonej atmosfery.
<b>Ochrona skóry</b>	Rękawice ochronne powlekane grubość >0,1mm, odporność na przebicie > 480 min. Ubranie robocze.
<b>Ochrona dróg oddechowych</b>	W normalnych warunkach nie są wymagane; w przypadku możliwości narażenia na pyły, szczególnie przy niedostatecznej wentylacji, stosować zatwierdzone respiratory z odpowiednim filtropochłaniaczem.

**Tabela 1. Karta technologiczna procesu**

Karta technologiczna procesu (odpowiedzi wpisz w wierszach w prawej kolumnie)	
Nazwa procesu technologicznego	
Metoda procesu technologicznego	
Równanie reakcji utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Nazwa rozpuszczalnika stosowanego w procesie utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Nazwa katalizatora stosowanego w procesie utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Ilość katalizatora w stosunku do <i>p</i> -ksylenu [% masowy]	
Nazwa promotora stosowanego w procesie utleniania <i>p</i> -ksylenu	
Masa otrzymanego produktu w ciągu godziny [kg]	
Stan skupienia produktu	
Wydajność procesu [%]	

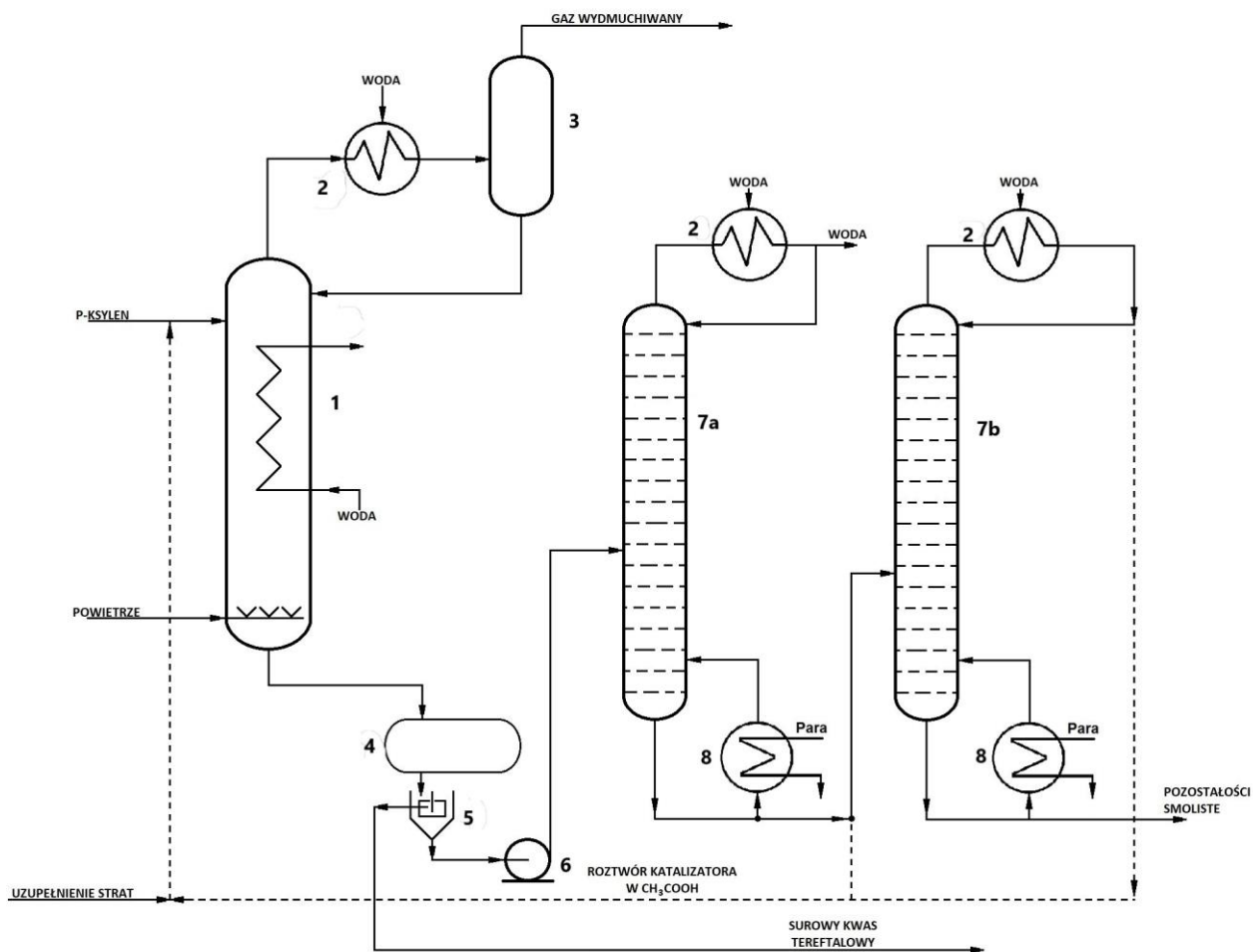
## Uproszczony schemat ideowy produkcji kwasu tereftalowego



**Tabela 2. Opis uproszczonego schematu ideowego produkcji kwasu tereftalowego**

Oznaczenie na schemacie	Nazwa (składnik wprowadzany do instalacji/produkt/operacja technologiczna/produkty uboczne procesu)
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	
J	

## Uproszczony schemat instalacji do produkcji kwasu tereftalowego



**Tabela 3. Opis uproszczonego schematu instalacji do produkcji kwasu tereftalowego**  
*(W pustych polach tabeli wpisz odpowiednio brakującą nazwę urządzenia lub brakujące oznaczenie)*

Nazwa	Oznaczenie na uproszczonym schemacie instalacji
Separator	
	2
Reaktor utleniania	
	6
	4
Podgrzewacz parowy	
	5
	7a, 7b



4. Stechiometryczna (wydajność 100%) objętość tlenu [m<sup>3</sup>]

Obliczenia:

Wynik:

5. Rzeczywista objętość tlenu (wydajność 99%) [m<sup>3</sup>]

Obliczenia:

Wynik:

6. Objętość powietrza [m<sup>3</sup>]

Obliczenia:

Wynik:

7. Dobowe zużycie katalizatora [kg]

Obliczenia:

Wynik:

8. Dobowe zużycie kwasu octowego [kg]

Obliczenia:

Wynik:

**Tabela 5. Wykaz wartości parametrów procesu w wybranych punktach kontroli**

Miejsce kontroli	Parametr	Jednostka	Wartość
Reaktor	Temperatura	°C	
	Ciśnienie	MPa	
Separator	Temperatura	°C	
	Ciśnienie	MPa	

**Tabełę 6. Wykaz indywidualnych środków ochrony i sposobów udzielania pierwszej pomocy przy kontakcie z kwasem tereftalowym**

<b>Rodzaj zagrożenia</b>	<b>Indywidualne środki ochrony</b> (wymienione zgodnie z kartą charakterystyki)	<b>Sposoby udzielania pierwszej pomocy</b> (wymienione zgodnie z kartą charakterystyki)
Kontakt z oczami		
Kontakt ze skórą		
Kontakt przez drogi oddechowe		

**Brudnopis (nie podlega ocenie)**