

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.06-01-25.06-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2025

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 11 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 dotyczącą produkcji kwasu azotowego(V).

Sporządź kartę technologiczną procesu – uzupełnij tabelę 1. Korzystając z zamieszczonego wykazu danych, technologicznych, oblicz zapotrzebowanie na surowce do produkcji 2 500 kg 50% kwasu azotowego(V) – uzupełnij tabelę 2. Na podstawie rysunku 1 oraz opisu przebiegu procesu uzupełnij opis uproszczonego schematu blokowego procesu produkcji 50% kwasu azotowego(V) – tabela 3. Sporządź wykaz wartości parametrów ze wskazaniem punktów kontroli – uzupełnij tabelę 4. Korzystając z zamieszczonego wyciągu z karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – amoniaku, dobierz środki ochrony indywidualnej dla pracowników mających styczność z tym surowcem – uzupełnij tabelę 5.

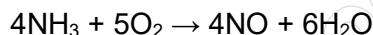
Opis procesu technologicznego produkcji kwasu azotowego(V)

Podstawy procesu

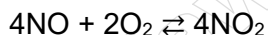
Obecnie na skalę przemysłową kwas azotowy(V) produkuje się przez katalityczne utlenianie amoniaku do tlenków azotu.

Proces ten przebiega w trzech etapach:

- a) utlenianie amoniaku tlenem z powietrza do tlenku azotu(II) wobec katalizatora platynowo-rodowego



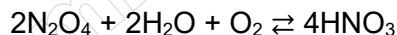
- b) utlenianie NO do NO₂



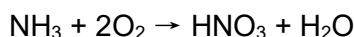
i dimeryzacja NO₂ do N₂O₄



- c) absorpcja tlenków azotu w wodzie

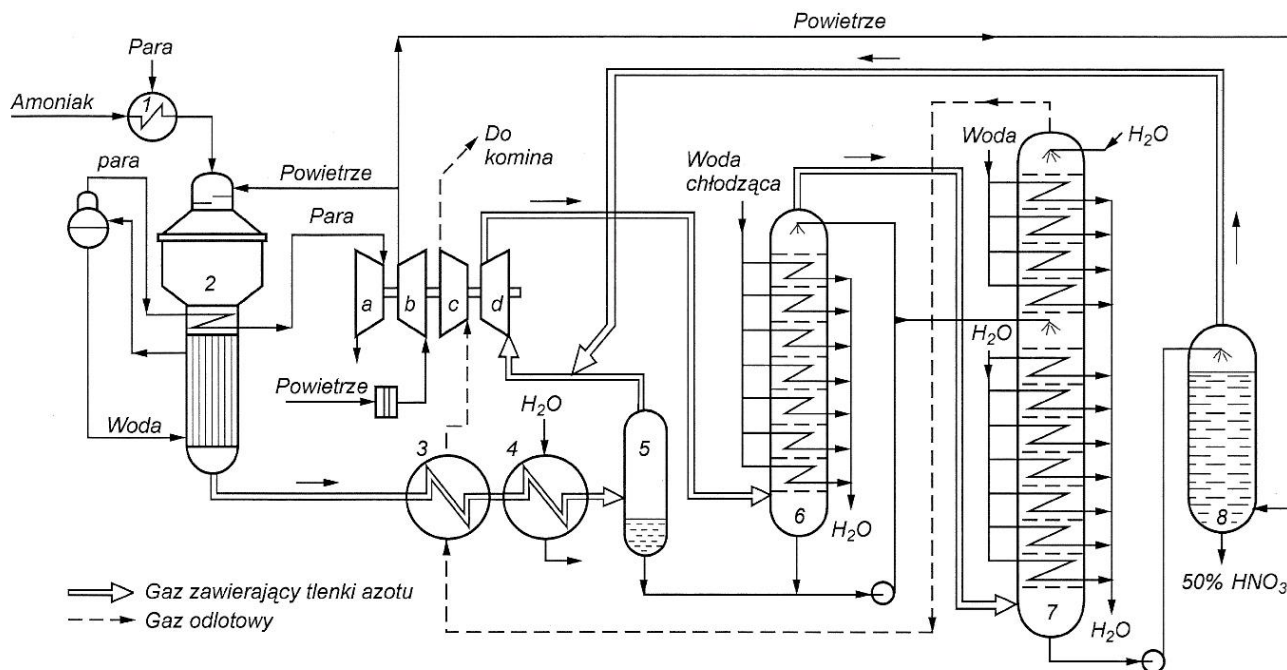


Równanie sumaryczne:



W rzeczywistości podczas utleniania amoniaku zachodzą również inne procesy pośrednie, które prowadzą do powstania azotu i tlenku azotu(II). W ukierunkowaniu procesu utleniania amoniaku do tlenku azotu(II) pomaga zastosowanie odpowiedniego katalizatora o działaniu selektywnym.

Kwas azotowy(V) średniego stężenia (35–50%) produkuje się kilkoma metodami. Różnią się one parametrami procesów utleniania amoniaku i absorpcji tlenków azotu. Prowadzenie utleniania pod ciśnieniem podwyższonym (0,4 MPa) i absorpcji pod ciśnieniem podwyższonym (0,8 MPa) jest obecnie najczęściej stosowane ze względu na zastosowanie zasady umiaru technologicznego.



- a – turbina parowa, b – turbosprężarka powietrza, c – rozprężarka gazów odpadowych,
 d – turbosprężarka gazów nitrozowych (gazy zawierające tlenki azotu),
 1 – odparowalnik ciekłego amoniaku, 2 – reaktor-utleniacz z kotłem-utyliizatorem, 3 – wymiennik ciepła,
 4 – chłodnica wodna, 5 – oddzielacz kondensatu (rozcieńczony kwas azotowy), 6 – kolumna utleniająca NO do NO₂, chłodzona wodą, z obiegiem kwasu azotowego, 7 – kolumna absorpcyjna chłodzona wodą,
 8 – kolumna bieląca do desorpcji tlenków azotu rozpuszczonych w kwasie azotowym.

Rysunek 1. Uproszczony schemat instalacji produkcji kwasu azotowego(V)

Przebieg procesu

Powietrze używane do utleniania zwykle jest zanieczyszczone, dlatego też oczyszcza się je z pyłu w filtrach. Oczyszczone powietrze tłoczone jest sprężarką do mieszalnika, a następnie do reaktora pracującego pod ciśnieniem 0,4 MPa. Do mieszalnika wprowadza się jednocześnie gazowy amoniak. Mieszanina amoniakalno-powietrzna przepływa następnie przez siatki platynowo-rodowe, będące kontaktem, na których w temperaturze ok. 800 °C przebiega reakcja utleniania amoniaku.

Wytworzone gazy nitrozowe zawierające tlenki azotu chłodzą się, przepływając przez rurki kotła parowego. Dalsze chłodzenie gazów następuje w wymienniku ciepła i w chłodnicy wodnej, w której gazy ochładzają się do temperatury 30÷35 °C. W trakcie tego chłodzenia wykrapla się zawarta w nich para wodna, a tlenek azotu(II) zaczyna się utleniać. Wytworzona ilość tlenku azotu(IV) zostaje zaabsorbowana w skroplinach wodnych. Powstaje rozcieńczony około 10% kwas azotowy(V), który oddziela się od gazu w oddzielaczu. Gaz z oddzielacza zostaje sprężony sprężarką do ciśnienia 0,8 MPa, tj. do ciśnienia, pod którym pracuje kolumna dotleniająca. W kolumnie tej przebiega jednocześnie utlenianie NO do NO₂ i absorpcja NO₂ w wodzie. Kolumna jest chłodzona wodą przepływającą przez węzownice znajdujące się na półkach. Zrasza się ją kwasem obiegowym tłoczonym pompą z jej dna i z oddzielacza. Obieg tego kwasu jest właściwie zamknięty. Odprowadza się jednak z niego do kolumny absorpcyjnej tę ilość kwasu, która tworzy się z pary wodnej zawartej w gazach nitrozowych.

Z kolumny utleniającej gaz przepływa do kolumny absorpcyjnej, która zraszana jest wodą. W miarę spływania ku dołowi i przeciwnieprądowego zetknięcia z gazem woda absorbuje tlenek azotu(IV), zamieniając się w coraz bardziej stężony kwas azotowy(V). Gazy odlotowe kieruje się do góry kolumny do wymiennika, w którym zostają one ogrzane ciepłem gazów nitrozowych.

Gazów z kolumny absorpcyjnej nie można wypuszczać do atmosfery bez ich uprzedniego oczyszczenia. Oczyszczanie gazów prowadzi się metodą katalitycznej redukcji tlenków azotu za pomocą wodoru lub gazu ziemnego.

Odbierany z dołu kolumny kwas azotowy(V) zawiera nieco tlenku azotu(IV), który nadaje mu brunatne zabarwienie. Aby je usunąć, kieruje się go do wieży bielącej. W wieży tej powietrze ze sprężarki spotyka się przeciwnieprądowo z kwasem spływającym po półkach i unosi z niego tlenek azotu(IV) wraz z małymi ilościami par kwasu azotowego(V). Gotowy 50% kwas azotowy(V) uzyskuje po „bieleniu” barwę jasnożółtą i jest produktem handlowym.

Wyciąg z karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – AMONIAK, bezwodny

SEKCJA 1. Identyfikacja substancji / mieszaniny i identyfikacja przedsiębiorstwa


1.1 Identyfikator produktu

Nazwa produktu: Amoniak, bezwodny

Wzór chemiczny: NH₃

(...) SEKCJA 2. Identyfikacja zagrożeń

2.2 Elementy oznakowania

<i>Piktogramy zagrożenia</i>	
<i>Hasło ostrzegawcze</i>	NIEBEZPIECZEŃSTWO
<i>Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia</i>	Zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem. Działa toksycznie w następstwie wdychania. Gaz łatwopalny. Powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu. Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki. Działa żrąco na drogi oddechowe.
<i>Zwroty wskazujące środki ostrożności</i>	Nie wdychać pyłu, dymu, gazu, mgły, par, rozpylonej cieczy. Unikać uwolnienia do środowiska. Stosować rękawice ochronne, odzież ochronną, ochronę oczu, ochronę twarzy. Przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, źródeł iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu. Nie palić.

(...) SEKCJA 4. Środki pierwszej pomocy

4.1 Opis środków pierwszej pomocy

<i>Wdychanie</i>	Zabezpieczając się izolującym aparatem oddechowym, przenieść ofiarę do nieskażonego obszaru. Utrzymywać ofiarę w ciepłe i spokoju. Wezwać lekarza. W przypadku zaniku oddechu zastosować sztuczne oddychanie.
<i>Kontakt z oczami</i>	Niezwłocznie przemyć oko wodą. Wyjąć soczewki kontaktowe, jeżeli są i można je łatwo usunąć. Nadal płukać. Płukać dokładnie dużą ilością wody przez 15 minut. Zasięgnąć niezwłocznie porady lekarskiej. W przypadku braku natychmiastowej pomocy lekarskiej, płukać przez dodatkowe 15 minut.
<i>Kontakt ze skórą</i>	Natychmiast spłukiwać dużą ilością wody przez co najmniej 15 minut, po zdjęciu zanieczyszczonej odzieży i butów. Natychmiast skontaktować się z lekarzem. Kontakt z parującą cieczą może powodować odmrożenie albo zamarznięcie skóry.
<i>Spożycie</i>	Spożycie nie jest uważane za potencjalną drogę narażenia.

(...) SEKCJA 8. Kontrola narażenia / środki ochrony indywidualnej**8.1 Parametry dotyczące kontroli**

(...)

8.2 Kontrola narażenia**8.2.1 Stosowne techniczne środki kontroli**

Zapewnić odpowiednią wentylację ogólną i miejscową. Produkt do stosowania w systemie zamkniętym. W układach ciśnieniowych powinny być regularnie przeprowadzane próby szczelności. Zapewnić, aby narażenie było poniżej najwyższych dopuszczalnych stężeń w miejscu pracy. Detektory powinny być stosowane gdy może dojść do uwolnienia się gazów toksycznych. Rozważyć zastosowanie systemu pozwalającego na pracę, np. przy pracach remontowych.

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.

<i>Ochrona oczu lub twarzy</i>		Stosować gogle i maski twarzowe w trakcie przeładunku produktu lub rozłączania połączeń przeładunkowych. Norma EN 166 – Ochrona indywidualna oczu – Wymagania. Zapewnić łatwo dostępne stanowiska do przemywania oczu i prysznic bezpieczeństwa.
<i>Ochrona skóry</i>	<i>ochrona rąk</i>	W czasie pracy z pojemnikami gazowymi stosować rękawice robocze. Stosować rękawice ochronne chroniące przed zimnem w trakcie przeładunku produktu lub rozłączania połączeń przeładunkowych. Stosować rękawice ochronne odporne na chemikalia. Czas przebicia: minimum > 30 min przy narażeniu krótkoterminowym: materiał / grubość. Guma chloroprenowa (Neopren®) (CR) / 0,5 [mm]. Czas przebicia: minimum > 480 min przy narażeniu długoterminowym: materiał / grubość. Guma butylowa (IIR) / 0,7 [mm]. Sprawdzić materiały informacyjne producenta rękawic odnośnie użyteczności i grubości materiału. Czas przebicia wybranych rękawic musi być dłuższy niż przewidywany czas stosowania.
	<i>inne</i>	Podczas pracy z pojemnikami używać obuwia ochronnego. Trzymać w gotowości właściwą chemoodporną odzież ochronną dostępną do użycia w razie zagrożenia.
<i>Ochrona dróg oddechowych</i>		Filtry gazowe mogą być stosowane, jeżeli wszystkie warunki zewnętrzne są znane, np. rodzaj i stężenia zanieczyszczeń i czas stosowania. Jeśli może dojść do krótkotrwałego przekroczenia granic narażenia, na przykład przy podłączaniu i odłączaniu pojemników, stosować filtry gazowe i maskę pełnotwarzową. Zalecany: filtr K (zielony). Filtry gazowe nie chronią przed niedoborem tlenu. Trzymać w gotowości izolujący aparat oddechowy dostępny do użycia w razie zagrożenia. Izolujący aparat oddechowy jest zalecany, gdy spodziewane jest nieznaną narażenie, np. w trakcie prac konserwacyjnych instalacji.

Wykaz danych technologicznych

(do sporządzenia zapotrzebowania na surowce do produkcji kwasu azotowego(V) o stężeniu 50%)

- masa otrzymanego kwasu azotowego(V) o stężeniu 50% – 2,5 tony (2 500 kg)
- wydajność sumarycznego procesu – 95%
- zawartość amoniaku w mieszaninie z powietrzem – 10,5% obj.

$$M_{\text{NH}_3} = 17 \text{ kg/kmol} \quad M_{\text{HNO}_3} = 63 \text{ kg/kmol} \quad V_m = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie będzie podlegać 5 rezultatów:

- karta technologiczna procesu - tabela 1,
- zapotrzebowanie na surowce do produkcji 2 500 kg kwasu azotowego(V) o stężeniu 50% - tabela 2,
- opis uproszczonego schematu blokowego produkcji 50% kwasu azotowego(V) - tabela 3,
- wykaz wartości parametrów ze wskazaniem punktów kontroli - tabela 4,
- dobór środków ochrony indywidualnej dla pracowników mających kontakt z amoniakiem - tabela 5.

Tabela 1. Karta technologiczna procesu

Lp.	Karta technologiczna procesu (odpowiedzi wpisz w kolumnie B.)	
	A.	B.
1	Sumaryczne równanie reakcji procesu	
2	Katalizator procesu utleniania amoniaku	
3	Sposób oczyszczania powietrza	
4	Składniki wprowadzane do reaktora	1.
		2.
5	Miejsce/miejsca chłodzenia gazów nitrozowych	
6	Stężenie rozcieńczonego kwasu azotowego(V) powstającego w chłodnicy	
7	Metoda oczyszczania gazów po procesie absorpcji	
8	Sposób usuwania brunatnego zabarwienia kwasu azotowego(V)	
9	Stężenie gotowego kwasu azotowego(V)	

Tabela 2. Zapotrzebowanie na surowce do produkcji 2 500 kg kwasu azotowego(V) o stężeniu 50%
(wyniki obliczeń podaj z dokładnością do liczb całkowitych, do kolejnych obliczeń wykorzystaj zaokrąglone wyniki z poprzedniego etapu obliczeń)

Lp.	Parametr	Obliczenia	Wynik
1	Masa HNO_3 zawarta w roztworze kwasu azotowego(V) o stężeniu 50% [kg]		
2	Masa amoniaku potrzebna do otrzymania 2 500 kg 50% kwasu azotowego(V), przy 100% wydajności [kg]		
3	Masa amoniaku potrzebna do otrzymania 2 500 kg 50% kwasu azotowego(V), z uwzględnieniem sumarycznej wydajności [kg]		
4	Objętość amoniaku w przeliczeniu na warunki normalne [m^3]		
5	Objętość powietrza potrzebna do utlenienia amoniaku w warunkach normalnych [m^3]		

Uproszczony schemat blokowy procesu produkcji 50% kwasu azotowego(V)

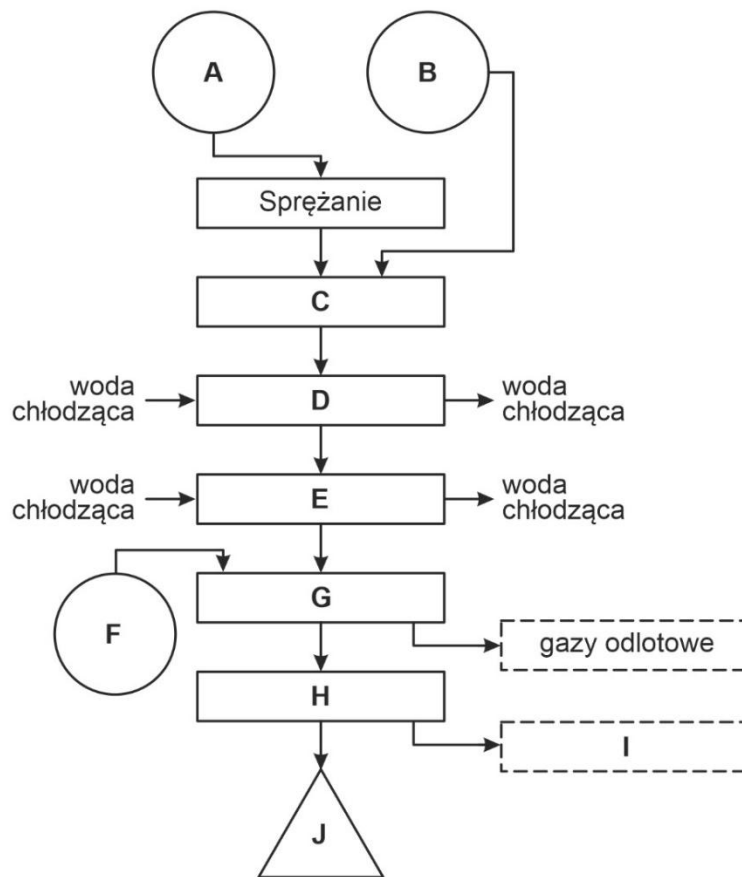


Tabela 3. Opis uproszczonego schematu blokowego produkcji 50% kwasu azotowego(V)

Oznaczenie pola na schemacie	Nazwa
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	
J	

Tabela 4. Wykaz wartości parametrów ze wskazaniem punktów kontroli

Lp.	Miejsce pomiaru	Parametr	Wartość wraz z jednostką
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Tabela 5. Dobór środków ochrony indywidualnej dla pracowników mających kontakt z amoniakiem

Środki / Miejsce ochrony	Zastosowane środki ochrony
Ochrona oczu lub twarzy	
Ochrona skóry rąk	
Ochrona ciała	
Ochrona dróg oddechowych	