

**MODUŁ 3. WYMAGANIA EGZAMINACYJNE Z PRZYKŁADAMI  
ZADAŃ**

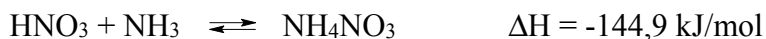
## **Przykład zadania do części praktycznej egzaminu dla wybranych umiejętności z kwalifikacji A.56 Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym**

Opracuj kartę technologiczną dla procesu technologicznego otrzymywania saletry amonowej metodą zobojętniania kwasu azotowego(V) gazowym amoniakiem, sporządź bilans materiałowy oraz uzupełnij uproszczony schemat blokowy (wpisując w pola oznaczone od A do H brakujące nazwy surowców, produktu i operacji technologicznych), a także wypełnij tabelę zaleceń dotyczących magazynowania gotowego produktu.

### **Skrócony opis procesu technologicznego otrzymywania saletry amonowej przez zobojętnianie kwasu azotowego(V) amoniakiem.**

#### **Podstawy procesu**

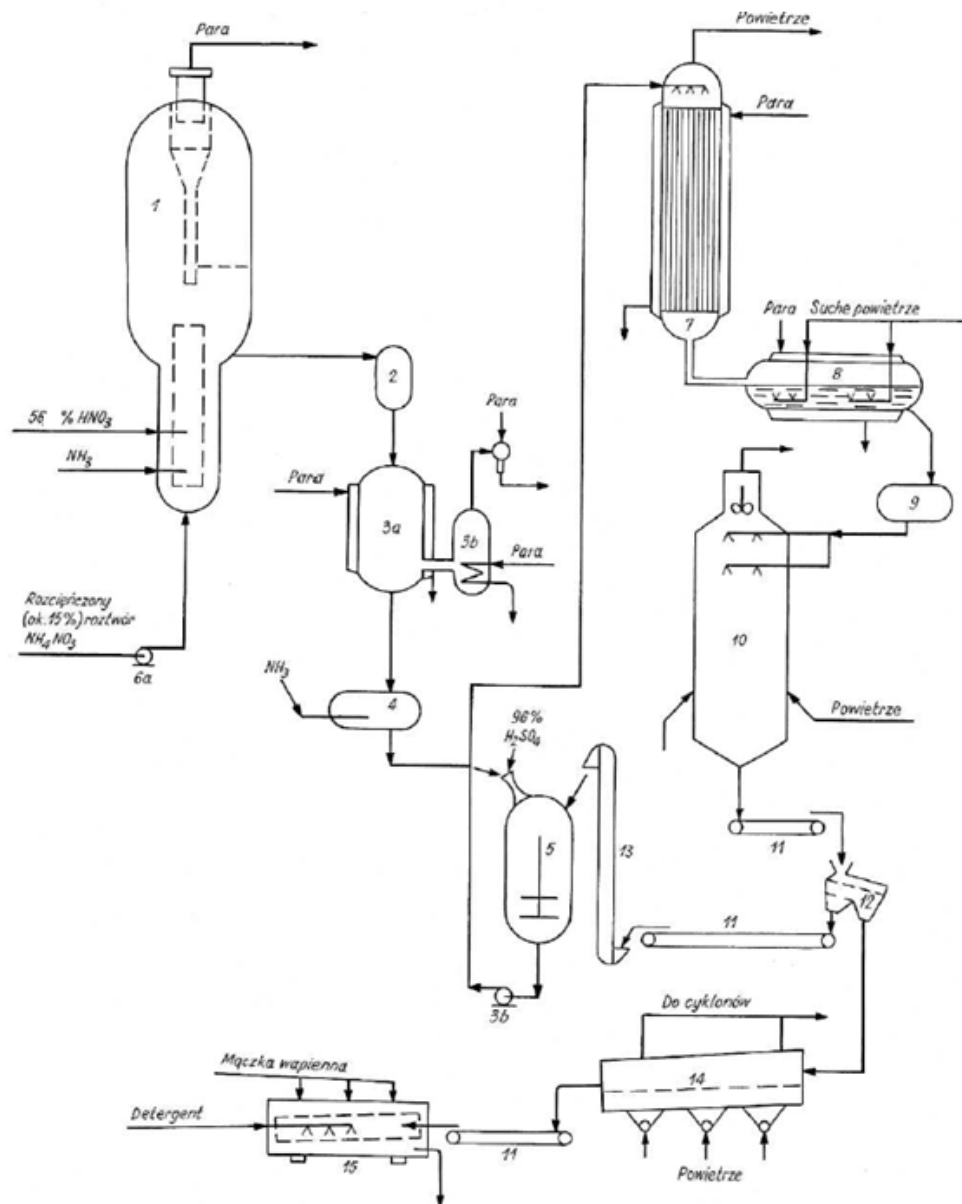
Przemysłowa metoda wytwarzania saletry amonową polega na zobojętnianiu kwasu azotowego(V) gazowym amoniakiem zgodnie z reakcją przedstawioną równaniem



Surowcami do produkcji są gazowy amoniak oraz 56% HNO<sub>3</sub>. Azotan(V) amonu jest substancją nietrwałą. W stanie czystym topi się w temperaturze 169°C. Jednak już w temperaturze powyżej 100°C obserwuje się jego rozkład, który jest spowodowany odwracalnym charakterem reakcji zobojętniania. W wyższej temperaturze mogą zachodzić reakcje, w których powstają gazowe produkty rozkładu: N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub> lub N<sub>2</sub>. Jeśli temperatura przekracza 200°C, może nastąpić gwałtowny rozkład azotanu(V) amonu, który kończy się niekiedy detonacją. Przy produkcji azotanu(V) amonu konieczne są zabezpieczenia ograniczające ryzyko związane z operowaniem dużą masą materiału. Jony wodorowe, chlorkowe oraz jony niektórych metali (np. żelaza) katalizują rozkład azotanu(V) amonu, zwiększając ryzyko wybuchu już w temperaturze otoczenia. Korzystny jest natomiast nadmiar amoniaku, gdyż w środowisku zasadowym azotan(V) amonu jest bardziej stabilny.

W związku z tym, że wydzielone ciepło silnie egzotermicznej reakcji może spowodować wzrost temperatury prowadzący do rozkładu kwasu azotowego(V) oraz azotanu(V) amonu, w procesie produkcyjnym nie można bezpośrednio wprowadzać amoniaku do kwasu. Problem rozwiązuje się przez utrzymywanie w obiegu pewnej ilości roztworu NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, do którego dozuje się amoniak i kwas. Roztwór azotanu(V) opuszczający neutralizator jest już częściowo zagęszczony, gdyż w trakcie procesu woda w znacznym stopniu odparowuje jedynie kosztem ciepła zobojętniania i unoszona jest z neutralizatora wraz z parą.

## Przebieg procesu



1- neutralizator, 2- zbiornik rozprężający, 3- wyparka próżniowa, 4- zbiornik pośredni, 5- zbiornik homogenizacyjny, 6- pompy, 7- wyparka końcowa, 8- zbiornik wyparki, 9- zbiornik naporowy, 10- wieża granulacyjna, 11- przenośniki taśmowe, 12- sito wibracyjne, 13- podnośnik kubelkowy, 14- chłodnica fluidalna, 15- obrotowy bęben pudrujący.

**Rysunek 1. Uproszczony schemat instalacji produkcji saletry amonowej**

Do dolnej części neutralizatora (1) wtlacza się rozcieńczony (15%) roztwór saletry, a następnie wprowadza się kwas azotowy i gazowy amoniak pod ciśnieniem 0,6 MPa. Reakcja zobojętniania przebiega w rurze stanowiącej wewnętrzny element neutralizatora pracującego pod ciśnieniem 0,4 MPa. Temperaturę procesu utrzymuje się w zakresie 175÷180°C dzięki zachowaniu odpowiedniej proporcji ilościowej trzech wprowadzanych strumieni (HNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, 15 % roztwór NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Z neutralizatora odbiera się roztwór NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> o stężeniu ok. 78%, który przez zbiornik rozprężający (2) kieruje się do wyparki próżniowej (3) (obniżone ciśnienie, temperatura 140°C). Roztwór zatężony jest tam do zawartości 95% NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, a po opuszczeniu wyparki i dodaniu niewielkiej ilości amoniaku w zbiorniku pośrednim (4), kierowany do zbiornika homogenizacyjnego (5) wyposażonego w mieszadło ramowe. Do zbiornika dozuje się 96% kwas siarkowy(VI), który reaguje z uprzednio dodanym amoniakiem tworząc siarczan(VI) amonu. Jego niewielka zawartość w saletrze poprawia jej właściwości mechaniczne. Poza H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> do zbiornika podaje się również zawracane do procesu nadziarno i podziarno saletry z sita wibracyjnego. Następnie roztwór tłoczy się do atmosferycznej wyparki końcowej (7) (temperatura 180 °C), gdzie następuje jego zatężenie do zawartości 99,7% NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Aby zapobiec krzepnięciu stężonych roztworów saletry amonowej (78÷99,7%), utrzymuje się je w odpowiednio wysokiej temperaturze (od 137 do 377°C – zależnie od stężenia). Rurociągi, którymi przepływają te roztwory są przeponowo ogrzewane parą wodną. Zatężony roztwór spływający ze zbiornika naporowego (9) rozbryzguje się przez specjalne dysze do górnej części wieży granulacyjnej (10). Krople roztworu chłodzone są wprowadzającym od dołu powietrzem. Następuje ich zestalenie i powstają kuliste granulki saletry. Temperatura krzepnięcia roztworów azotan(V) amonu o stężeniu 96 ÷ 99 % wynosi 121-127°C. Gorące ziarna przenośnikiem taśmowym podawane są na sito wibracyjne. Pożądaną frakcję granulek o średnicy 0,5÷5 mm (nadziarno i podziarno zawraca się do zbiornika homogenizacyjnego) kieruje się do chłodnicy fluidalnej (14), w której granulki chłodzone są zimnym powietrzem do temperatury nie większej niż 25°C, a następnie do bębna pudrującego (15). W bębnie granule są pudrowane dozowaną do bębna mączką wapienną, co zapobiega zbrylaniu się saletry. Bęben pudrujący opuszcza finalny produkt procesu przeznaczony do pakowania.

**Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej azotan(V) amonu**  
wg zarządzenia REACH 1907/2006/WE i 453/2010/UE

<b>KARTA CHARAKTERYSTYKI SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNEJ</b>	
<b>AZOTAN(V) AMONU</b>	
<b>1. IDENTYFIKACJA SUBSTANCJI CHEMICZNEJ</b>	
<b>Wzór chemiczny:</b>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
<b>Nazwa produktu:</b>	azotan(V) amonu, saletra amonowa
<b>(...) 7. POSTĘPOWANIE Z SUBSTANCJĄ I JEJ MAGAZYNOWANIE</b>	
<b>Zapobieganie pożarom i wybuchom:</b> Nie dopuszczać do kontaktu z substancjami łatwopalnymi. Unikać kontaktu z substancjami redukującymi.	
<b>Materiały opakowaniowe:</b> Worki polietylenowe lub polipropylenowe worki typu big-bag z wkładką z polietylenu.	
<b>Magazynowanie:</b> Saletrę amonową należy przechowywać w czystych i suchych budynkach magazynowych zabezpieczonych od strony podłoża przed przenikaniem wilgoci. Nie należy jej przechowywać pod wiatami i na składowiskach. W jednym pomieszczeniu nie powinno się przechowywać więcej niż 300 t. Saletrę amonową w opakowaniach nieprzekraczających 50 kg przechowywać na niepalnym podłożu w stosach złożonych najwyżej z dwunastu warstw, w odległości nie mniejszej niż 1,5 m od źródeł ciepła i 0,2 m od ścian magazynu. Worki typu big - bag z nawozem o masie nieprzekraczającej 500 kg należy przechowywać najwyżej w dwóch warstwach, o masie powyżej 500 kg w jednej warstwie.	

## Wykaz danych wyjściowych do sporządzenia bilansu materiałowego

Bilans materiałowy produkcji 1000 kg azotanu(V) amonu w procesie zobojętniania kwasu azotowego(V) amoniakiem według danych wyjściowych:

- azotan(V) amonu zawiera 100 %  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,
- kwas azotowy(V) o stężeniu 56 %  $\text{HNO}_3$ ,
- amoniak gazowy: 99%  $\text{NH}_3$  i 1% zanieczyszczenia nieaktywne,
- powietrze wlotowe zawiera 0,01 kg  $\text{H}_2\text{O}$ /1 kg powietrza suchego,
- powietrze wylotowe zawiera 0,28 kg  $\text{H}_2\text{O}$ /1 kg powietrza suchego,
- stężenie roztworu azotanu(V) amonu odprowadzanego z neutralizatora wynosi 78%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

*Do obliczeń przyjmij, że proces przebiega z wydajnością 100 %, stechiometrycznie zgodnie z zapisem równania reakcji stanowiącej jego podstawę.*

$$M_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 80 \text{ g / mol} \quad M_{\text{HNO}_3} = 63 \text{ g / mol} \quad M_{\text{NH}_3} = 17 \text{ g / mol}$$

**Wyniki obliczeń podaj w [kg] z dokładnością do liczb całkowitych.**

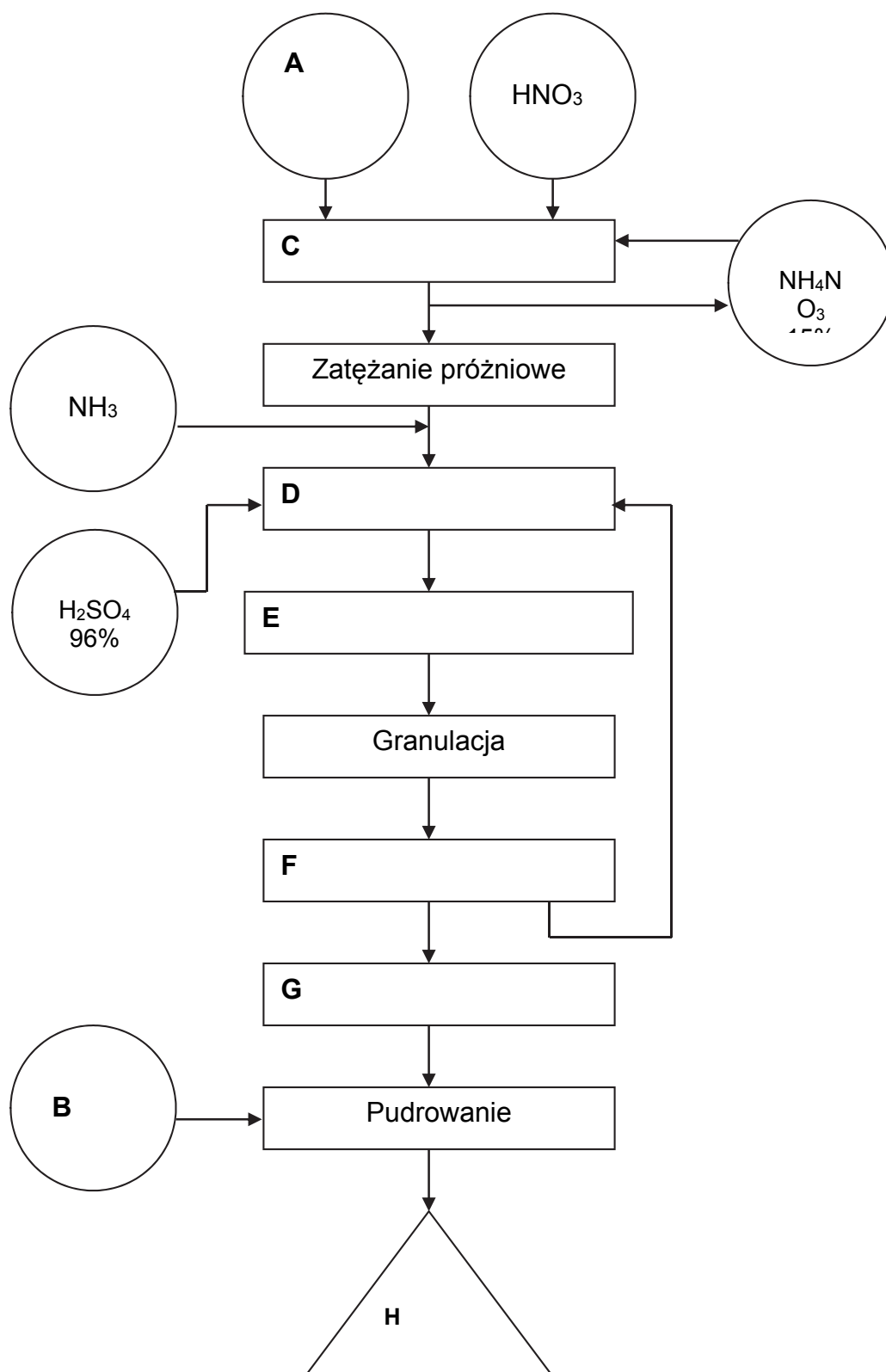
## Karta technologiczna procesu

<b>KARTA TECHNOLOGICZNA PROCESU</b>	
<b>Równanie reakcji procesu</b>	
<b>Składniki wprowadzane do neutralizatora</b>	1.
	2.
	3.
<b>Przyczyny rozkładu azotanu(V) amonu w temperaturze powyżej 100°C</b>	
<b>Produkty rozkładu azotanu(V) amonu</b>	
<b>Metoda zwiększenia stabilności azotanu(V) amonu</b>	
<b>Metoda poprawy właściwości mechanicznych saletry amonowej</b>	
<b>Sposoby zapobiegania krzepnięciu stężonych (78÷99,7%) roztworów saletry amonowej</b>	
<b>Sposób zapobiegania zbrylaniu się saletry amonowej</b>	
<b>Wykaz punktów kontroli podstawowych parametrów procesowych (z podaniem wartości wielkości mierzonej)</b>	

**Bilans materiałowy produkcji 1000 kg azotanu(V) amonu w procesie zobojętniania  
kwasu azotowego(V) amoniakiem**

<b>Zapotrzebowanie na kwas azotowy(V)</b>
<b>Zapotrzebowanie na amoniak</b>
<b>Masa wodnego roztworu azotanu(V) amonu otrzymanego w wyniku zmieszania wyliczonej ilości surowców</b>
<b>Masa wody w roztworze azotanu(V) amonu otrzymanym w wyniku zmieszania wyliczonej ilości surowców</b>
<b>Masa wodnego roztworu azotanu(V) amonu opuszczającego neutralizator</b>
<b>Masa wody w roztworze azotanu(V) amonu opuszczającym neutralizator</b>
<b>Masa wody, jaką należy usunąć z neutralizatora</b>
<b>Masa wody, jaką odbiera 1 kg powietrza</b>
<b>Masa powietrza potrzebnego do odprowadzenia wody (w postaci pary wodnej) z neutralizatora</b>
<b>Masa zanieczyszczeń wprowadzonych z amoniakiem</b>

Uproszczony schemat blokowy procesu produkcji saletry amonowej, od etapu syntezy do uzyskania gotowego produktu przeznaczanego do pakowania:





## Zalecenia dotyczące magazynowania saletry amonowej

<b>Rodzaj pomieszczenia</b>	
<b>Maksymalna masa saletry przechowywana w jednym pomieszczeniu</b>	
<b>Minimalna odległość od źródeł ciepła</b>	
<b>Rodzaje opakowań jednostkowych</b>	

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

**Ocenić będą 4 rezultaty:**

- karta technologiczna procesu,
- bilans materiałowy produkcji 1000 kg azotanu(V) amonu w procesie zobojętniania kwasu azotowego(V) amoniakiem,
- uproszczony schemat blokowy procesu produkcji saletry amonowej, od etapu syntezy do uzyskania gotowego produktu przeznaczonego do pakowania,
- zalecenia dotyczące magazynowania saletry amonowej.

**Kryteria oceniania zadania praktycznego będą uwzględniać:**

- zgodność zapisów w karcie technologicznej procesu z opisem procesu technologicznego i schematem instalacji produkcji saletry amonowej,
- poprawność wykonanych obliczeń na poszczególnych etapach sporządzania bilansu materiałowego produkcji 1000 kg azotanu(V) amonu w procesie zobojętniania kwasu azotowego(V) amoniakiem,
- zgodność uzupełnionych zapisów nazw surowców, produktu i operacji technologicznych w uproszczonym schemacie blokowym procesu produkcji saletry amonowej z opisem procesu technologicznego i schematem instalacji produkcji saletry amonowej,
- zgodność zaleceń dotyczących magazynowania saletry amonowej z zapisami w Kartce charakterystyki substancji niebezpiecznej azotan(V) amonu.

**Umiejętności sprawdzane testem praktycznym:****1. Organizowanie procesów technologicznych**

- 1) charakteryzuje procesy technologiczne przemysłowej syntezy organicznej i nieorganicznej, przetwórstwa petrochemiczno-rafineryjnego;
- 2) sporządza bilanse materiałowe i energetyczne procesów technologicznych;
- 3) określa parametry procesu technologicznego i wymagania dotyczące jakości mediów technologicznych;
- 10) organizuje i nadzoruje prace związane ze znakowaniem, magazynowaniem i transportem materiałów na wydziale produkcyjnym przemysłu chemicznego;
- 12) prowadzi dokumentację przebiegu procesu produkcyjnego.

**Inne zadania praktyczne z zakresu kwalifikacji A.56. Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym mogą dotyczyć:**

- organizacji i kontrolowania innych procesów technologicznych przemysłowej syntezy organicznej i nieorganicznej oraz przetwórstwa petrochemiczno-rafineryjnego,
- organizacji i planowania badań laboratoryjnych stosowanych w przemyśle chemicznym,
- analizy wyników badań laboratoryjnych i oceny jakości surowców, półproduktów produktów i materiałów pomocniczych stosowanych w procesach technologicznych przemysłowej syntezy organicznej i nieorganicznej oraz przetwórstwie petrochemiczno-rafineryjnym,
- prowadzenia ewidencji i dokumentacji badań laboratoryjnych surowców, półproduktów produktów i materiałów pomocniczych stosowanych w procesach technologicznych przemysłowej syntezy organicznej i nieorganicznej oraz przetwórstwie petrochemiczno-rafineryjnym.