



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Marek Galewski

Stosowanie zasad prowadzenia procesów produkcyjnych 815[01].Z2.01

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007

Recenzenci:

dr inż. Sylwester Stawarz

mgr inż. Halina Bielecka

Opracowanie redakcyjne:

mgr Marek Galewski

Konsultacja:

mgr inż. Kazimierz Olszewski

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 815[01].Z2.01 „Stosowanie zasad prowadzenia procesów produkcyjnych”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu operator urządzeń przemysłu chemicznego.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy Radom 2007

SPIS TREŚCI

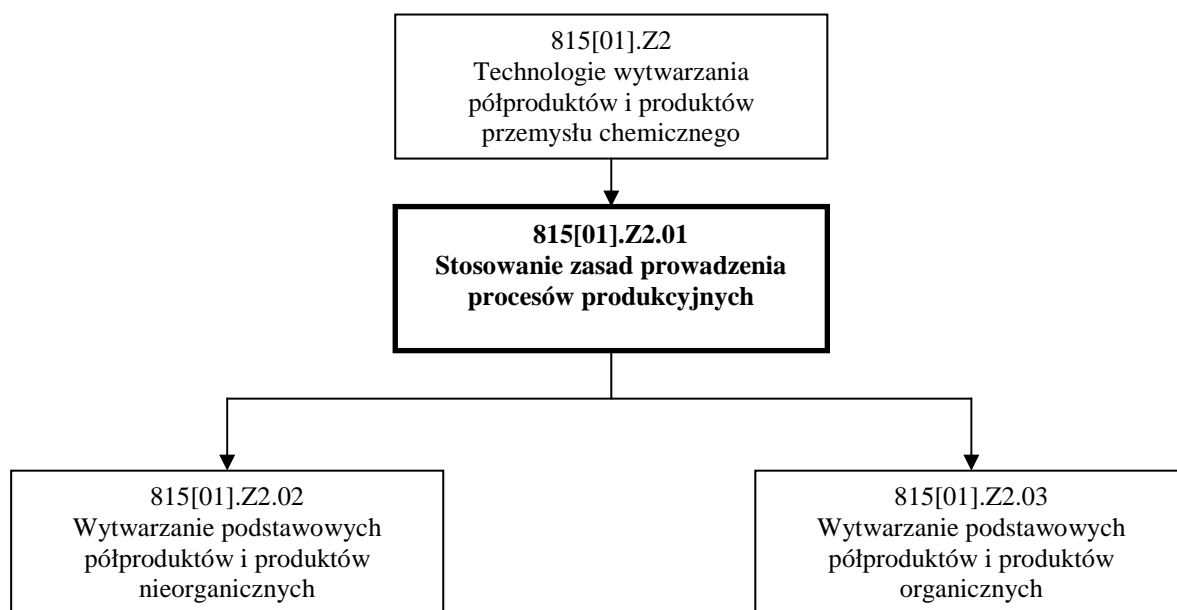
1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Materiał nauczania	6
4.1. Charakterystyka prowadzenia procesów w przemyśle chemicznym	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	12
4.1.3. Ćwiczenia	13
4.1.4. Sprawdzian postępów	14
4.2. Transport i magazynowanie surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych	15
4.2.1. Materiał nauczania	15
4.2.2. Pytania sprawdzające	20
4.2.3. Ćwiczenia	20
4.2.4. Sprawdzian postępów	21
4.3. Przemysł chemiczny a ochrona środowiska. Zasady bezpieczeństwa procesowego	22
4.3.1. Materiał nauczania	22
4.3.2. Pytania sprawdzające	35
4.3.3. Ćwiczenia	35
4.3.4. Sprawdzian postępów	36
4.4. System jakości produkcji w zakładzie chemicznym. Metody kontroli produkcji	37
4.4.1. Materiał nauczania	37
4.4.2. Pytania sprawdzające	44
4.4.3. Ćwiczenia	44
4.4.4. Sprawdzian postępów	46
5. Sprawdzian osiągnięć	47
6. Literatura	53

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o procesach przemysłu chemicznego, magazynowaniu i transporcie surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych, wpływie przemysłu chemicznego na środowisko naturalne oraz o systemach jakości produkcji w zakładzie chemicznym.

W poradniku znajdziesz:

- wymagania wstępne – wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia – wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania – wiadomości teoretyczne niezbędne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań, abyś mógł sprawdzić, czy już opanowałeś określone treści,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań. Zaliczenie testu potwierdzi opanowanie materiału całej jednostki modułowej,
- literaturę.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- charakteryzować podstawowe reakcje chemiczne stosowane w procesach wytwarzania substancji organicznych i nieorganicznych,
- określać warunki prowadzenia reakcji chemicznych stosowanych w procesach wytwarzania substancji organicznych i nieorganicznych,
- określać wpływ zmian parametrów na szybkość reakcji chemicznej i stan równowagi chemicznej,
- wyszukiwać informacje w podręcznikach, tablicach chemicznych, czasopismach i Internecie,
- rozpoznawać i oceniać zagrożenia wynikające ze stosowania substancji palnych, wybuchowych, toksycznych i szkodliwych dla zdrowia,
- stosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy oraz przeciwpożarowe podczas wykonywania doświadczeń chemicznych,
- wykonywać czynności laboratoryjne zgodnie z wymaganiami zawartymi w instrukcjach i normach,
- obsługiwać komputer,
- współpracować w grupie.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozróżnić pojęcia chemicznej i technologicznej koncepcji procesu,
- wymienić czynniki wpływające na wybór chemicznej i technologicznej koncepcji procesu,
- porównać różne koncepcje chemiczne wytwarzania wskazanego produktu z punktu widzenia potrzeb surowcowych, energetycznych oraz uwarunkowań ekologicznych,
- scharakteryzować zasady technologiczne,
- wskazać przykłady zastosowania zasad technologicznych w rzeczywistych rozwiązaniach technologicznych,
- posłużyć się pojęciami technologicznymi: szybkość objętościowa, wydajność i selektywność reakcji i procesów,
- rozróżnić ciągłe i okresowe procesy technologiczne,
- rozpoznać na uproszczonych schematach technologicznych rozwiązania potwierdzające uwzględnienie zasad technologicznych,
- wskazać przykłady zanieczyszczania środowiska przez zakłady przemysłu chemicznego,
- wskazać podstawowe zasady postępowania w sytuacji rozszczelnienia aparatury, armatury lub pęknięć orurowania oraz innych potencjalnych awarii technologicznych,
- rozpoznać na schematach instalacji zawory bezpieczeństwa i blokady technologiczne,
- scharakteryzować sposoby organizowania produkcji przyjaznej dla środowiska,
- rozpoznać urządzenia do magazynowania i transportu materiałów,
- posłużyć się przepisami i dokumentami z zakresu magazynowania, transportu, oznakowywania substancji, w tym niebezpiecznych,
- scharakteryzować systemy zarządzania jakością,
- posłużyć się dokumentacją systemów zarządzania jakością,
- określić rodzaje nośników energii stosowanych w przemyśle chemicznym,
- wskazać przykłady racjonalnego wykorzystania energii w instalacjach przemysłu chemicznego,
- rozpoznać na schematach punkty pobierania próbek do analiz środowiskowych i procesowych,
- pobrać próbki do analiz środowiskowych i procesowych,
- zorganizować stanowiska pracy analitycznej,
- wykonać analizy próbek surowców, materiałów pomocniczych, półproduktów i produktów przemysłu nieorganicznego i organicznego,
- ocenić jakość surowców, materiałów pomocniczych, półproduktów i produktów przemysłu nieorganicznego i organicznego,
- udokumentować przebieg i wyniki kontroli analitycznej procesów,
- zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska obowiązujące na stanowiskach pracy.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Charakterystyka prowadzenia procesów w przemyśle chemicznym

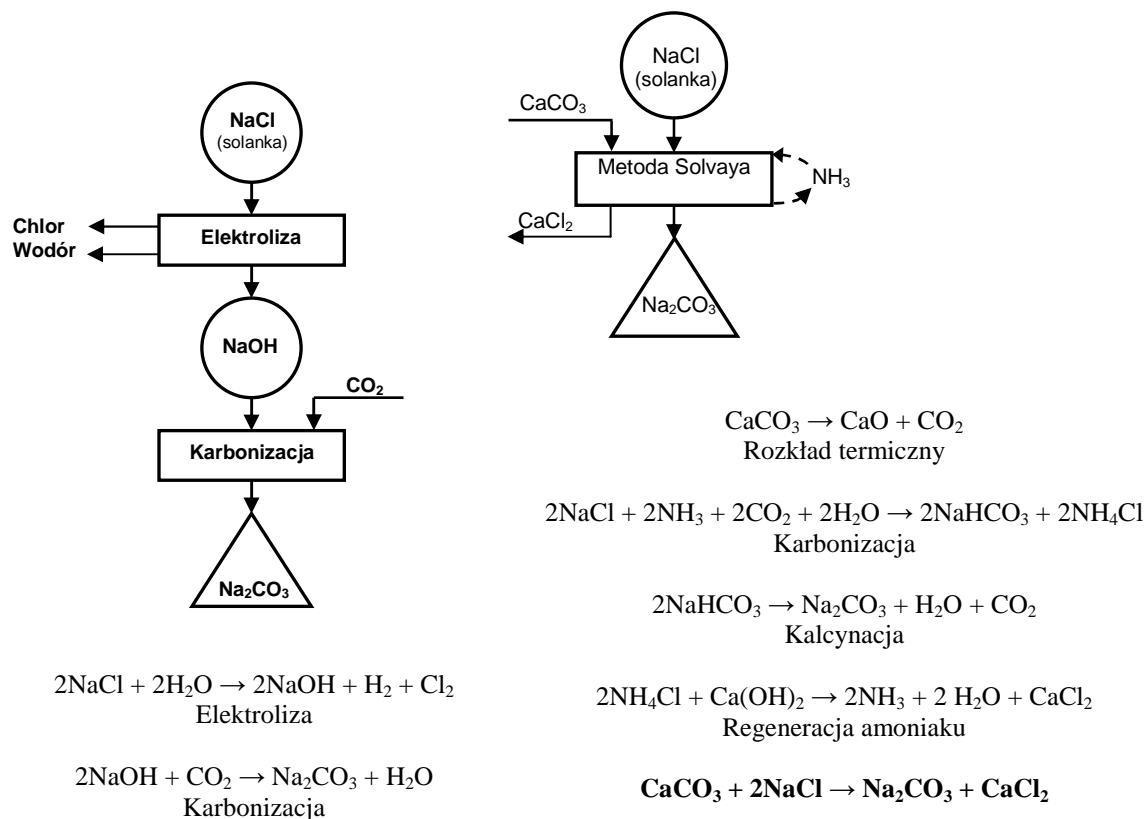
4.1.1. Materiał nauczania

Technologia chemiczna to dział nauk chemicznych zajmujący się rozwojem metod służących do wytwarzania użytecznych związków chemicznych na skalę przemysłową. Związana jest ona ściśle z inżynierią chemiczną (inżynierią procesową). Technologia skupia się na chemicznej stronie prowadzonego procesu (np. szybkość reakcji), podczas gdy inżynieria procesowa zajmuje się aparaturą i wpływem konstrukcji na przebieg reakcji. Podstawowym pojęciem w inżynierii jest proces jednostkowy, zwany też operacją jednostkową lub po prostu procesem – który jest pojedynczym aktem przemiany lub przepływu materii w aparaturze. Procesy chemiczne obejmują wszystkie zjawiska, którym towarzyszy reakcja chemiczna.

Ważnym pojęciem jest **chemiczna koncepcja procesu technologicznego**. Mówi ona o tym, jakie surowce oraz przemiany chemiczne i fizyczne należy wybrać, aby otrzymać żądany produkt. Często dany produkt można otrzymać różnymi sposobami:

- z tych samych surowców
- z różnych surowców, przeprowadzając różne reakcje chemiczne.

Pierwszy przypadek (z tych samych surowców) mogą ilustrować technologie otrzymywania węgla sodu z chlorku sodu przez elektrolizę oraz metodą Solvaya.

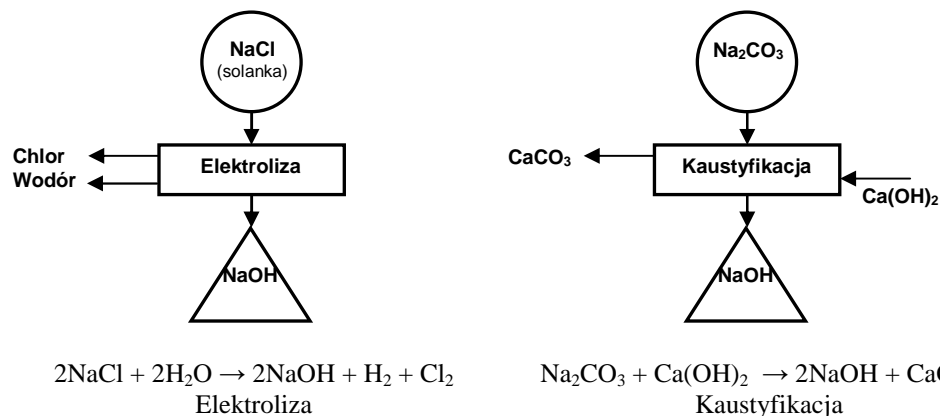


Rys. 1. Przykład otrzymywania produktu z tego samego surowca [7, s. 239]

Inne przykłady to:

- otrzymywanie wodoru z metanu (przez półspalanie lub reakcję z przegrzaną parą wodną),
- otrzymywanie fenolu z benzenu (przez chlorobenzen lub kumen).

Drugi przypadek, czyli otrzymywanie tego samego produktu z różnych surowców może ilustrować otrzymywanie wodorotlenku sodu z węglanu sodu lub w wyniku elektrolizy.



Rys. 2. Przykład otrzymywania produktu z różnych surowców [7, s. 261]

Inne przykłady:

- produkcja butadienu przez odwodornienie butanu lub z acetyleny,
- otrzymywanie tlenków azotu przez katalityczne utlenienie amoniaku lub z azotu i tlenu w łuku elektrycznym.

Po wybraniu chemicznej koncepcji procesu technologicznego można przystąpić do opracowania technologicznej koncepcji procesu, czyli do określenia liczby, kolejności i rodzajów procesów podstawowych niezbędnych do prowadzenia produkcji.

Koncepcja technologiczna powstaje już na etapie analizy i sprawdzania koncepcji chemicznej. Jest jej uzupełnieniem o:

- elementy wyboru metod rozdziału (np.: destylacja, ekstrakcja),
- sposób prowadzenia procesu (periodyczny lub ciągły),
- określenie zasadniczych parametrów (ciśnienie, temperatura),
- określenie głównych rozwiązań aparaturowych.

Graficznym przedstawieniem koncepcji technologicznej jest schemat ideowy.

Podstawowe pojęcia technologiczne

Procesy podstawowe są to typowe, powtarzające się w wielu produkcjach przemiany fizyczne (np.: destylacja, ekstrakcja, absorpcja, adsorpcja, desorpcja, krystalizacja, suszenie, wymiana jonowa) i chemiczne (np.: sulfonowanie, nitrowanie, estryfikacja, hydroliza, amonoliza, addycja, eliminacja, utlenianie i redukcja, izomeryzacja, alkirowanie, polimeryzacja, polikondensacja, poliaddycja).

Ze względu na warunki, w jakich przebiegają, procesy można podzielić na: wysokotemperaturowe, wysokociśnieniowe, roztworowe i elektrochemiczne.

Proces technologiczny jest to zespół odpowiednio uszeregowanych procesów podstawowych, w wyniku których z surowców i półproduktów uzyskuje się w instalacji produkcyjnej określone produkty.

Instalacja produkcyjna jest to zespół aparatów i urządzeń przeznaczonych do prowadzenia procesu technologicznego według określonej koncepcji technologicznej.

Parametr technologiczny jest to wielkość fizyczna lub fizykochemiczna określająca warunki przebiegu procesu podstawowego.

Zdolność produkcyjna instalacji jest to maksymalna ilość produktu, jaką można wytworzyć w instalacji w jednostce czasu, np. [kg/h].

Wydajność

Tabela 1. Rodzaje wydajności [opracowanie własne]

Wydajność	Definicja	Wzór	Jednostki
produkcyjna instalacji	Ilość produktu wytwarzana w instalacji w jednostce czasu	---	np. [kg/h]
bezwzględna A	Stosunek ilości produktu m_p do ilości surowca m_s zużytego do wytworzenia tej ilości produktu	$A = \frac{m_p}{m_s}$	liczba niemianowana, gdy te same jednostki lub [m ³ /kg], [t/m ³]
względna W (uzysk, sprawność)	Stosunek ilości produktu otrzymanego m_p do ilości produktu, którą można otrzymać teoretycznie, maksymalnie z tej samej ilości surowca m_{pmax}	$W = \frac{m_p}{m_{pmax}} \cdot 100[\%]$	liczba niemianowana: $\leq 100\%$

Wydajność względną liczy się w odniesieniu do określonego surowca, na ogół najbardziej wartościowego i występującego w niedomiarze stechiometrycznym w stosunku do pozostałych surowców.

Szybkość (prędkość) objętościowa (przestrzenna) jest to objętość gazu, która w ciągu jednostki czasu przepływa przez jednostkową objętość warstwy kontaktu (warstwa katalizatora).

Przykładem może być synteza amoniaku, gdzie kontaktem najczęściej jest żelazo Fe z dodatkiem Al₂O₃ i K₂O. Wzrost prędkości objętościowej powoduje zmniejszanie się zawartości amoniaku w gazach poreakcyjnych, ale jednocześnie poprawia wydajność kontaktu (masa NH₃ z 1 m³ warstwy kontaktu w ciągu 1h).

Selektywność jest ilość pożądanego produktu, która powstała do ilości substratu, która przereagowała w tym samym czasie w złożonej przemianie chemicznej (gdy obok pożądanego produktu powstają produkty uboczne – niepożądane). Stosując odpowiednio dobrane katalizatory (selektywne) możemy ograniczyć powstawanie produktów ubocznych do minimum.

Katalizatory pełnią ważną rolę w przemyśle chemicznym. Katalizator składa się z:

- związku aktywnego, który zmienia prędkość reakcji chemicznej (np. Fe),
- aktywatora, który zapoczątkowuje działanie związku aktywnego (np. K₂O),
- nośnika, który stanowi ochronę mechaniczną, termiczną i chemiczną związku aktywnego (np. Al₂O₃).

Zasady technologiczne

Dobór kolejności oraz rodzaju procesów podstawowych niezbędnych do zrealizowania danej produkcji chemicznej przeprowadza się uwzględniając **ogólne zasady technologiczne**. Określają one sposoby najbardziej ekonomicznego i najszybszego prowadzenia procesów przy maksymalnym wykorzystaniu surowców, minimalnym zużyciu energii i uzyskiwaniu dużej wydajności produktów z jednostki objętości aparatury. Można wymienić następujące zasady:

Zasada najlepszego wykorzystania różnic potencjałów jest to główna zasada. Polega ona na jak najlepszym wykorzystaniu siły napędowej, gwarantującej szybki przebieg procesu

$$V_p = k \cdot \frac{Si}{Op}$$

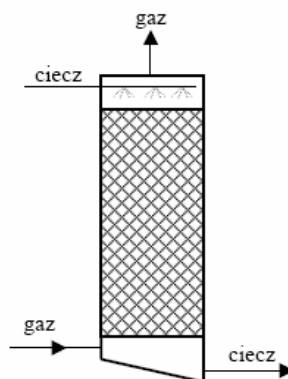
- V_p – szybkość procesu (np. szybkość reakcji chemicznej, wymiany ciepła, dyfuzji),
 k – współczynnik proporcjonalności,
 Si – siła napędowa (np. różnica stężeń substancji, różnica temperatur, różnica potencjałów elektrycznych, różnica ciśnień),
 Op – opór (np. dyfuzyjny, termiczny, tarcia).

Należy pamiętać, że szybkość całej przemiany równa się szybkości jej najwolniejszego etapu. Z powyższego wzoru wynika, że szybkość procesu rośnie wraz ze wzrostem siły napędowej i zmniejszaniem oporu.

Zasada najlepszego wykorzystania surowców jest niezwykle ważnym zagadnieniem zarówno technologicznym jak i ekonomicznym. Ma ono również duże znaczenie dla ochrony środowiska naturalnego.

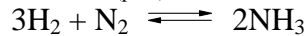
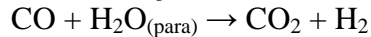
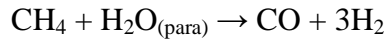
Można to osiągnąć poprzez:

- stosowanie nadmiaru reagenta w stosunku do ilości potrzebnej teoretycznie. Dzięki temu możemy zwiększyć szybkość reakcji i przesunąć stan równowagi. Należy pamiętać, że nadmiarowy reagent powinien być tani lub podlegać recykulacji, czyli zwracany do produkcji.
- stosowanie przeciwprądu materiałowego. Stosujemy go, gdy występuje granica rozdziału faz a fazy różnią się gęstościami uzyskując dzięki temu dużą szybkość przenikania masy. np. wieża absorpcyjna HCl, ekstrakcja ciecz-ciecz, ługowanie ciał stałych.

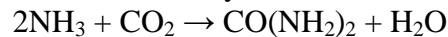


Rys. 3. Przykład przeciwprądu materiałowego (absorpcja gazu w cieczy)

- maksymalne ograniczenie reakcji ubocznych
 Uzyskujemy przez stosowanie odpowiednich (selektywnych) katalizatorów, typów reaktorów, parametrów procesu.
- regeneracja i zwracanie reagentów
 Przykładem może być regeneracja amoniaku oraz dwutlenku węgla w produkcji sody metodą Solvaya (rys. 1).
- wykorzystanie produktów ubocznych i odpadkowych
 Przykładem może być otrzymywanie wodoru H_2 z gazu ziemnego (metanu CH_4) do produkcji amoniaku NH_3 . Produktem ubocznym jest tutaj tlenek węgla CO a odpadkowym dwutlenek węgla CO_2 .



Co zrobić z odpadowym CO_2 ? Można otrzymać mocznik



Zasada najlepszego wykorzystania energii jest realizowana przez:

- Odzyskiwanie ciepła.

Stosuje się, gdy mamy przeprowadzić ogrzanie jakiegoś materiału, jednocześnie zaś w innym miejscu procesu, inny materiał należy ochłodzić. W wyniku reakcji chemicznych (egzotermicznych) wydzielające się ciepło wykorzystać można do wstępnego ogrzania surowców (rys. 5) lub do produkcji pary wodnej (rys. 6).

Odzyskiwanie ciepła uzyskuje się poprzez:

- bezprzeponową wymianę ciepła (gdy substancje występują w dwu fazach),
- przeponową wymianę ciepła (rys. 8),
- wymianę ciepła za pomocą nośników ciepła (rys. 7).

- Minimalizowanie strat ciepła.

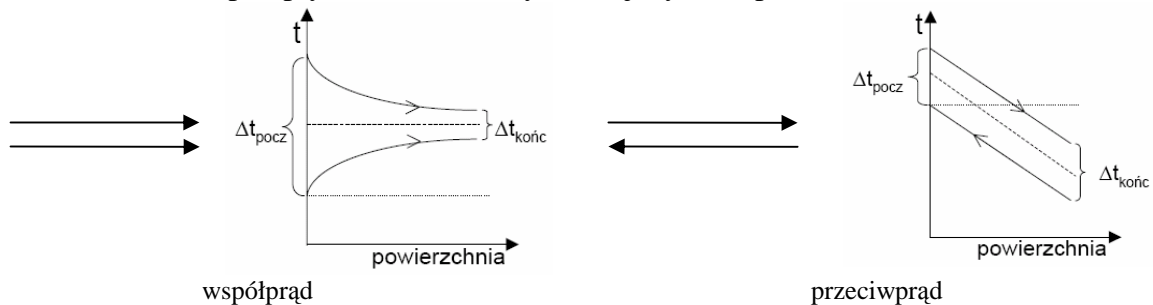
Osiąga się to przez stosowanie możliwie niewielkich różnic temperatur pomiędzy przestrzenią procesową a otoczeniem oraz właściwą izolację termiczną.

- Wielokrotne wykorzystanie ciepła.

Klasycznym tego przykładem są wyparki wielodziałowe, w których kolejny dział (aparat wyparny) ogrzewa się oparami wychodzącymi z aparatu poprzedniego, wykorzystując zależność temperatury wrzenia od ciśnienia i stężenia substancji rozpuszczonej.

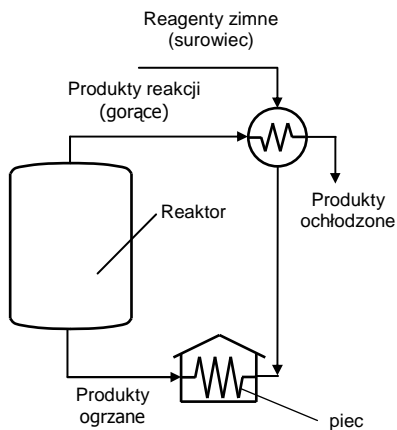
- Współprąd i przeciwrząd ciepłny.

Jest to kierunek przepływu strumieni wymieniających ciepło.

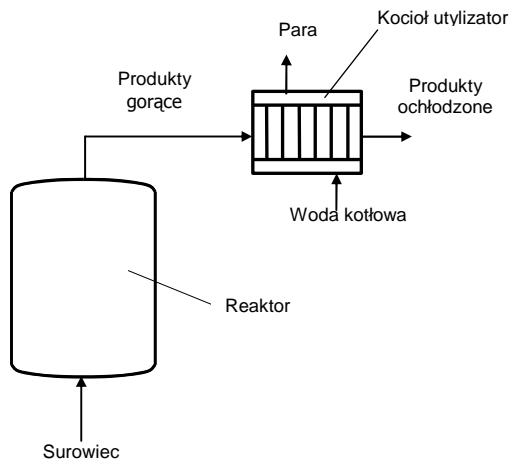


Rys. 4. Przykład współprądu i przeciwrządu cieplnego [20]

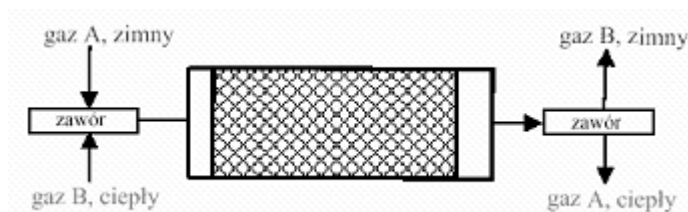
Zastosowanie przeciwrządu jest korzystniejsze (pozwala ogrzać płyn do temperatury wyższej lub ochłodzić do niższej niż przy współprądzie). Wymienniki współprądowe stosuje się wtedy, gdy chcemy szybko ochłodzić płyn ogrzewający.



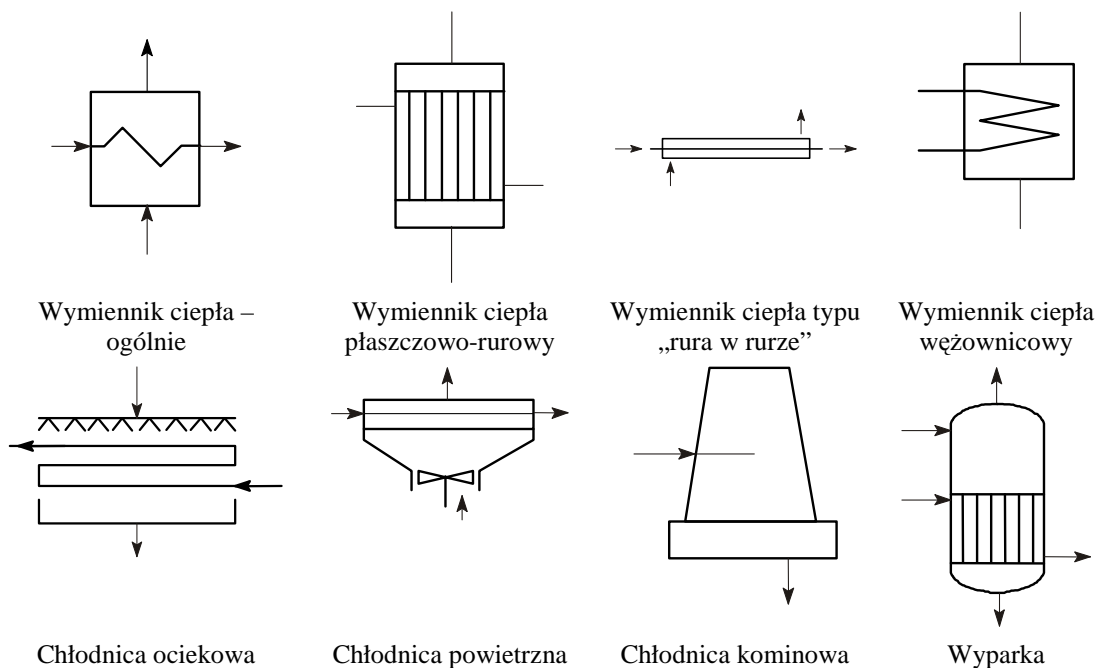
Rys. 5. Wstępne ogrzanie surowców [7, s. 156]



Rys. 6. Produkcja pary wodnej [7, s. 156]



Rys. 7. Przykład wymiany ciepła za pomocą nośników ciepła [20]



Rys. 8. Przykłady urządzeń do przeponowej wymiany ciepła [10, s. 7]

Zasada najlepszego wykorzystania aparatury mówi o tym, że projektowana aparatura i urządzenia powinny być jak najlepiej wykorzystane, czyli musi być zapewniona maksymalna wydajność produktu z jednostki objętości aparatury (względnie ekonomiczne). Podstawowy czynnik, który należy brać pod uwagę, to osiągnięcie możliwie największych szybkości jednostkowych procesów i operacji zachodzących w aparatach. W celu osiągnięcia dużej szybkości reakcji korzystnie jest prowadzić proces w stanie oddalonym od równowagi (nadmiar substratów). Po zakończonym procesie wydzielamy nieprzereagowane surowce

i zwracamy je do procesu. W ten sposób realizujemy obieg surowców – jest to typowa metoda technologiczna, stosowana dosyć często w przemyśle (np. synteza amoniaku z azotu i wodoru). Osiągnięcie celu, jakim jest jak najlepsze wykorzystanie aparatury, stanowi nie tylko problem techniczny, lecz również organizacyjny. Należy dążyć do zapewnienia ciągłości pracy aparatów i urządzeń. Prowadzenie procesu technologicznego w sposób ciągły eliminuje szereg czynności charakterystycznych dla procesu okresowego (cyklicznego) takich jak:

- przygotowanie aparatury,
 - załadunek surowców,
 - doprowadzenie układu do warunków procesowych,
 - czynności końcowe i wyładunek produktu.
- Procesy ciągłe mają wiele zalet w stosunku do okresowych, jak np:
- brak przerw w produkcji,
 - łatwość automatyzacji, bo warunki stacjonarne,
 - mniejsza wielkość aparatury i budynków produkcyjnych,
 - łatwiejsza mechanizacja czynności.
- Czasami jednak bardziej opłacalna jest metoda okresowa (np. w koksowniach).

Zasada umiaru technologicznego jest to zasada kompromisu, która mówi, że zasady technologiczne należy stosować we wzajemnym powiązaniu gdyż coś, co jest korzystne z jednego punktu widzenia może być niekorzystne z drugiego.

Przykłady:

Jeśli dla określonej reakcji stała równowagi chemicznej jest wysoka w niskiej temperaturze, to z kolei szybkość reakcji może być tak mała, że praktycznie uniemożliwi jej przebieg w racjonalnym czasie (np. synteza amoniaku).

Przeciwprądowy ruch materiałów jest najbardziej efektywny w suszeniu gorącymi gazami, ale gdy sucha substancja może ulegać rozkładowi bezpieczniej jest zastosować współprąd.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak można wyjaśnić pojęcie chemicznej koncepcji procesu technologicznego?
2. Jak można wyjaśnić pojęcie technologicznej koncepcji procesu technologicznego?
3. Jakie czynniki wpływają na wybór chemicznej koncepcji procesu?
4. Jakie czynniki wpływają na wybór technologicznej koncepcji procesu?
5. Co to jest katalizator, szybkość objętościowa, wydajność i selektywność reakcji oraz procesów?
6. Jakie znasz zasady technologiczne?
7. Jakie znasz metody najlepszego wykorzystania surowców w procesach technologicznych?
8. Jakie znasz metody najlepszego wykorzystania energii w procesach technologicznych?
9. Do czego można wykorzystać ciepło reakcji chemicznych?
10. Czy potrafisz na schemacie technologicznym rozróżnić urządzenia do wymiany ciepła?
11. Czym różni się współprąd od przeciwprądu cieplnego?
12. Jaka jest różnica między okresowym a ciągłym procesem technologicznym?
13. Co to jest zasada umiaru technologicznego?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj projekt schematu ideowego i technologicznego procesu produkcyjnego (wybranego przez nauczyciela). Dokonaj analizy rozwiązań potwierdzających uwzględnienie zasad technologicznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać wyboru odpowiedniego projektu, dobrać się w grupy,
- 2) dokonać analizy wybranego projektu, zaplanować wstępne działania i czynności,
- 3) podpisać kontrakt z nauczycielem na realizację projektu,
- 4) zgromadzić dokumentację, opracować wyniki pracy, przygotować formę opisu projektu i jego prezentacji dla innych grup uczniowskich, odbywać okresowe konsultacje z nauczycielem, postęp prac dostosowywać do wyznaczonych terminów prezentacji projektu,
- 5) złożyć u nauczyciela sprawozdanie z wykonania projektu,
- 6) zaprezentować na forum grupy wykonany projekt.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kopie wybranych schematów technologicznych,
- norma branżowa BN-72/2200-01 (symbole graficzne aparatów, maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego),
- komputer z dostępem do Internetu.

Ćwiczenie 2

Na wybranych (przez nauczyciela) schematach technologicznych, rozpoznaj urządzenia do wymiany ciepła. Narysuj schemat (lub schematy) ideowy przedstawiający odzyskiwanie ciepła w danym procesie technologicznym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać odpowiednie urządzenia na schemacie technologicznym,
- 2) nazwać te urządzenia,
- 3) wymienić sposoby odzyskiwania ciepła w procesach technologicznych,
- 4) narysować schemat ideowy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma branżowa BN-72/2200-01,
- schematy technologiczne.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) scharakteryzować zasady technologiczne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wyjaśnić pojęcie chemicznej i technologicznej koncepcji procesu technologicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić pojęcia: katalizator, szybkość objętościowa, wydajność i selektywność reakcji i procesów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić różnice między współprądem a przeciwprądem cieplnym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić różnice między okresowym a ciągłym procesem technologicznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wymienić zasady technologiczne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) rozróżnić na schemacie technologicznym urządzenia do wymiany ciepła?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

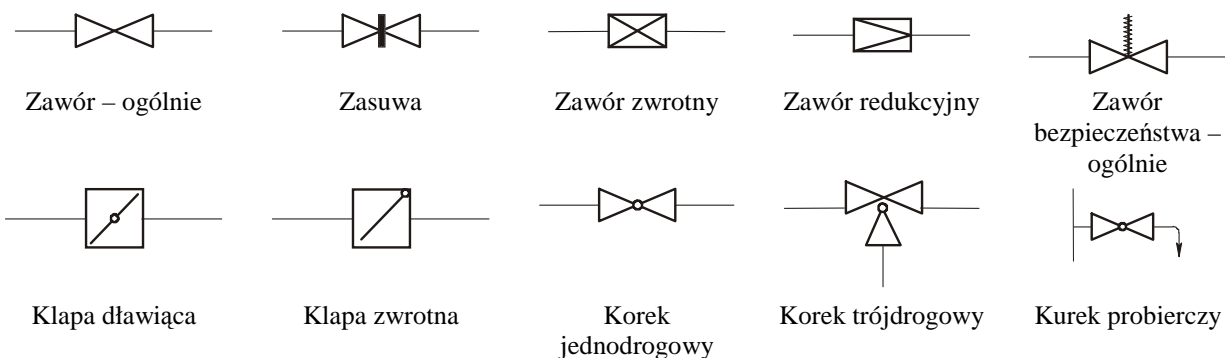
4.2. Transport i magazynowanie surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych

4.2.1. Materiał nauczania

Transport surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych

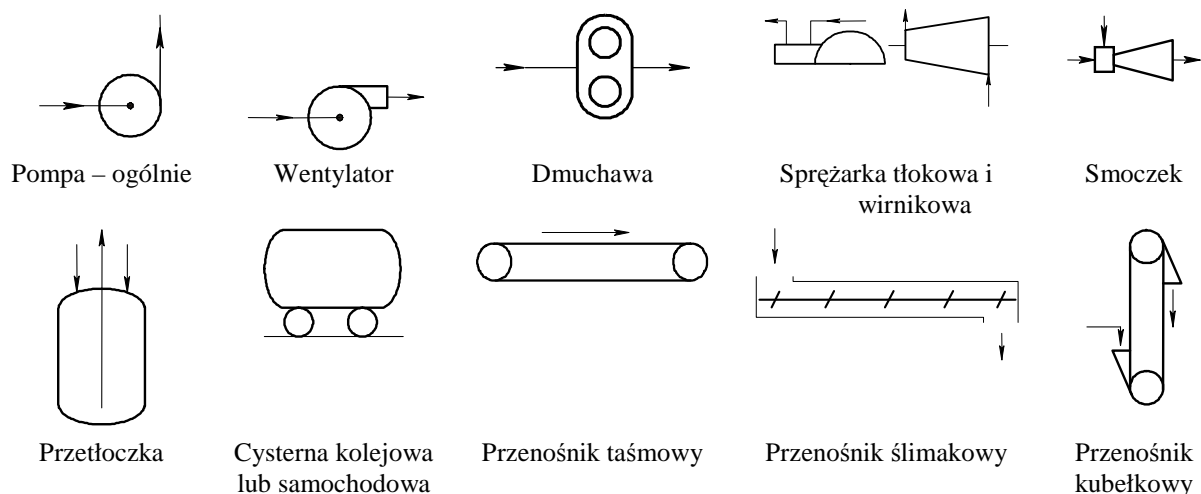
W zakładach przemysłu chemicznego do transportu surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych najczęściej używa się rurociągów. Transportuje się nimi ciecze, pary, gazy a także ciała stałe w postaci sypkiej (transport pneumatyczny). Są one odpowiednio oznaczone (zgodnie z odpowiednią normą). Barwa czerwona – para wodna, zielona – woda, niebieska – powietrze, gaz palny – żółta. Na schematach są przedstawione w postaci linii.

Na rurociągach zamontowana jest armatura odcinająca i regulacyjna (zawory) – pozwala ona regulować przepływ strumieni wewnątrz rurociągu. Przedstawiona jest ona na rysunku 9.



Rys. 9. Przykładowa armatura odcinająca i regulacyjna [10]

Na schematach technologicznych używa się następujących symboli urządzeń do transportu ciał stałych cieczy i gazów:

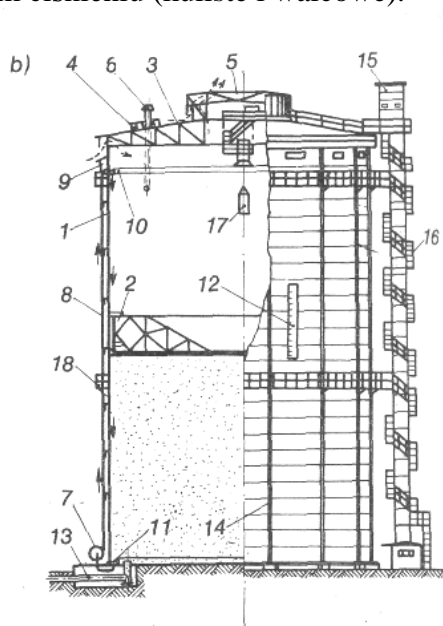


Rys. 10. Przykłady urządzeń do transportu ciał stałych cieczy i gazów [10]

Magazynowanie surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych

W zakładach przemysłu chemicznego do magazynowania surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych używa się najczęściej różnego rodzaju zbiorników. Możemy je podzielić na:

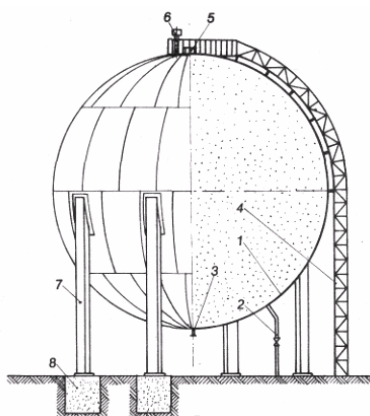
- zbiorniki gazów,
 - zbiorniki cieczy,
 - zbiorniki ciał stałych sypkich.
- Materiały magazynuje się w celu:
- zapewnienia ciągłości produkcji (nie może zabraknąć surowców lub półproduktów),
 - przygotowania produktów do wysyłki.
- Zbiorniki na gaz możemy podzielić na:
- stałym ciśnieniu i zmiennej objętości (z uszczelnieniem wodnym tzw. mokre oraz tłokowe tzw. suche) (rys. 11),
 - stałej objętości i zmiennym ciśnieniu (kuliste i walcowe).



Rys. 11. Zbiornik gazowy suchy: 1 – płaszcz zbiornika, 2 – tłok, 3 – poszycie dachu, 4 – świetliki, 5 – wietrzniki, 6 – rura wydmuchowa, 7 – pompy olejowe, 8 – przewód tłoczny oleju, 9 – zbiornik górny oleju, 10 – rynna olejowa górna, 11 – rynna olejowa dolna, 12 – wskaźnik pojemności, 13 – dopływ gazu, 14 – słupy narożne płaszcza, 15 – winda zewnętrzna, 16 – schody, 17 – winda wewnętrzna, 18 – podest dla obsługi [9, s. 104]

Zbiorniki o zmiennej objętości stosuje się do gazów pod normalnym ciśnieniem, natomiast o stałej objętości do nadciśnienia 2 MPa. Zbiorniki mokre projektuje się o pojemności do 40 000 m³, natomiast przy większych stosuje się zbiorniki suche. Są one najczęściej w kształcie walca.

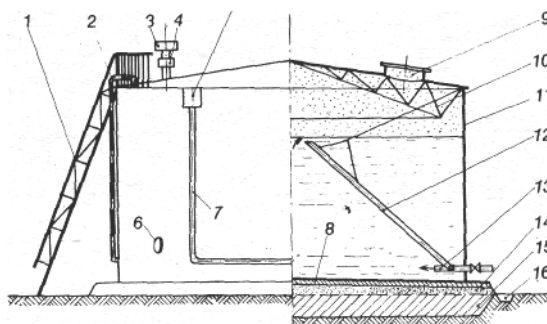
Zbiorniki o stałej objętości (ciśnieniowe) są budowane w kształcie walca (cylindryczne) o pojemności do 3000 m³ lub kuli – do 15 000 m³. Są one budowane ze stali o wysokiej wytrzymałości i odporności na kruche pęknięcia (podczas gwałtownego opróżniania zbiornika z gazu szybko spada temperatura, która powoduje to zjawisko). Do magazynowania skroplonych gazów (temp. rzędu -200°C) zbiornik zbudowany jest z trzech warstw: wewnętrznej ze stopów aluminium Al, pośredniej izolacji i zewnętrznej stalowej.



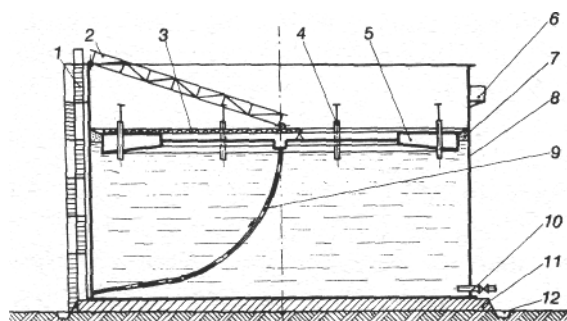
Rys. 12. Zbiornik gazowy kulisty: 1 – płaszcz zbiornika, 2 – rurociąg gazu, 3 – króciec odwadniający, 4 – drabina, 5 – właz, 6 – zawór bezpieczeństwa, 7 – podpora, 8 – fundament [9, s. 104]

Do magazynowania cieczy stosuje się zbiorniki:

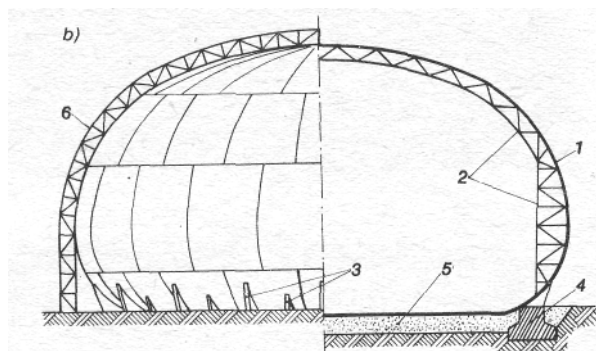
- walcowe poziome (przy małych ilościach cieczy), pracujące przy nadciśnieniu od 0,04 do 0,12 MPa,
- walcowe pionowe (ze stałymi dachami), pracujące przy nadciśnieniu od 0,02 do 0,04 MPa (rys. 13),
- walcowe pionowe (z dachami pływającymi, przy dużych ilościach cieczy) (rys. 14),
- kroplokształtne, pracujące przy nadciśnieniu do 0,25 MPa (rys. 15),
- kuliste (do magazynowania skroplonych gazów), pracujące przy nadciśnieniu od 0,2 do 2 MPa.



Rys. 13. Zbiornik walcowy pionowy z dachem stałym: 1 – drabina, 2 – wskaźnik pojemności, 3 – zawór wydechowy, 4 – bezpiecznik ogniowy, 5 – gardziele pianowe p.poż., 6 – właz, 7 – rurociąg pynu pianotwórczego, 8 – poduszka piaskowa izolacyjna, 9 – właz oświetleniowy, 10 – konstrukcja dachowa, 11 – płaszcz zbiornika, 12 – rura podnoszona, 13 – dopływ cieczy, 14 – warstwa gruzu, 15 – grunt ubity, 16 – rowek odwadniający [9, s. 110]



Rys. 14. Zbiornik walcowy pionowy z dachem pływającym: 1- schody, 2 – drabina ruchoma, 3 – bieżnia drabiny ruchomej, 4 – podpieraki dachowe, 5 – dach pływający, 6 – pomost, 7 – przestrzeń gazowa, 8 – płaszcz zbiornika, 9 – odwodnienie dachu, 10 – króćce do- i wylotowe cieczy, 11 – poduszka piaskowa, 12 – rowek odwadniający [9, s. 110]



Rys. 15. Zbiornik kropłokształtny: 1 – płaszcz zbiornika, 2 – szkielet wewnętrzny, 3 – podparcie powłoki, 4 – fundament pierścieniowy, 5 – poduszka piaskowa, 6 – drabina [9, s. 115]

Materiały do budowy zbiorników zależą od właściwości fizykochemicznych przechowywanych cieczy. Zbiorniki buduje się ze stali, metali nieżelaznych, z materiałów ceramicznych, z wykładzinami z materiałów kwaso i ługoodpornych, z blach platerowanych i tworzyw sztucznych. Płaszcz zbiornika ze względów wytrzymałościowych jest przeważnie stalowy.

Zbiorniki pionowe walcowe ze stałymi dachami przeznacza się do magazynowania produktów naftowych (oleje opałowe, mazut); pojemność do 20 000 m³.

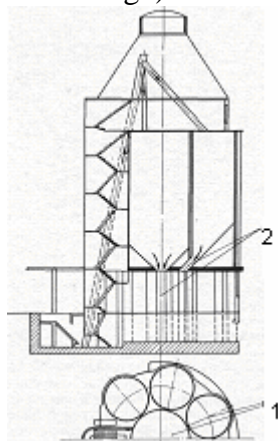
Zbiorniki pionowe walcowe z dachami pływającymi przeznacza się do magazynowania lekkich produktów naftowych (benzyny). Pływający dach zmniejsza straty cieczy powstające w wyniku parowania.

Zbiornik kropłokształtny posiada kształt, jaki uzyskuje kropla cieczy leżąca swobodnie na niezwilżonej powierzchni. Taki kształt pozwala na przechowywanie w nim cieczy o dużej prężności pary bez konieczności wypuszczania pary na zewnątrz.

Zbiorniki na materiały sypkie są to:

- zasobniki (bunkry),
- silosy.

Silosy są wyższe (powyżej 8 m) niż zasobniki i przeznaczone do długotrwałego przechowywania (zasobniki raczej do krótkiego).



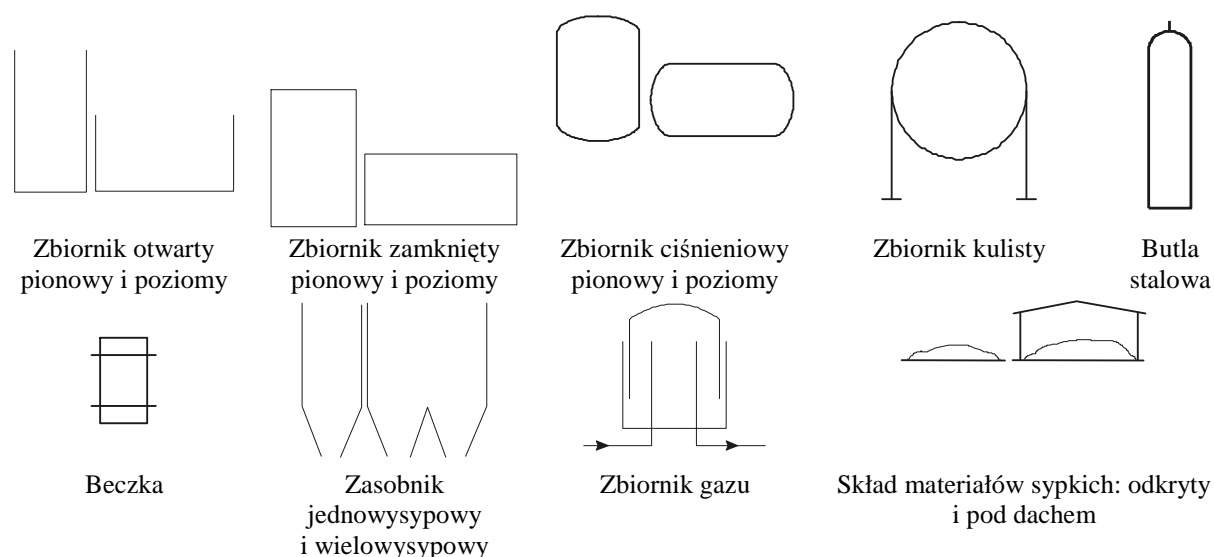
Rys. 16. Zbiornik na materiały różne: 1 – zbiorniki, 2 – kanały [9, s. 124]

W przemyśle chemicznym stosuje się przeważnie zasobniki. Można je podzielić ze względu na:

- kształt (prostokątne, piramidalne, stożkowe, cylindryczne, kuliste),
- sposób pracy (periodyczne i ciągłe – stanowią wtedy lej),
- jednolejowe i wielolejowe (jednowysypowe i wielowysypowe).

Czasami składa się niektóre materiały sypkie na wolnym powietrzu.

Na schematach technologicznych używa się następujących symboli urządzeń do magazynowania ciał stałych cieczy i gazów:



Rys. 17. Przykłady urządzeń do magazynowania ciał stałych cieczy i gazów [10]

Dokumentowanie obiegu materiałów w magazynie surowców, półproduktów, produktów i materiałów pomocniczych

Prawidłowy obieg dokumentów magazynowych ma zasadnicze znaczenie w celu ustalania „miejsca pobytu” materiałów, osoby odpowiedzialnej, terminów zwrotów, itp. Wszystkie dokumenty wystawiają pracownicy do tego upoważnieni. W celu potwierdzenia faktu wystawienia dokumentu sporządza się jego wydruk i podpisują go osoby wystawiające dokument oraz przekazujące lub pobierające materiały. Ustalenie jak ma wyglądać obieg dokumentów w zakładzie pracy oraz wzór dokumentów są elementem, od którego należy rozpocząć wdrożenie programu magazynowego. Obecnie najczęściej do tego celu stosujemy odpowiednie oprogramowanie komputerowe.

Podstawowymi dokumentami obrotu magazynowego są:

- Przyjęcie materiałów „PZ”.
Stanowi udokumentowanie przyjęcia materiałów do magazynu z zewnątrz zakładu. Dokument wystawia odpowiedzialny pracownik Działu Zaopatrzenia Transportu i Gospodarki Materiałowej na podstawie załączników: faktury lub dowodu wydania dostawcy. Dział Zaopatrzenia Transportu i Gospodarki Materiałowej dokonuje kontroli merytorycznej dokumentu. Kontrolę formalno-rachunkową dowodów przyjęcia oraz ujęcia w ewidencji dokonuje Dział Ekonomiczny i Finansowy.
- Rozchód wewnętrzny „RW”.
Dokument jest poleceniem wydania materiałów z magazynu przeznaczonych do zużycia wewnętrznego zakładu dla celów produkcyjnych, remontowych, inwestycyjnych bądź ogólnych. Pracownicy upoważnieni zarządzeniem wewnętrznym do wystawiania dowodów RW sporządzają dokumenty dla takich rozchodów materiałów jak: wydanie materiałów do produkcji, wydanie dla celów konserwacji i remontów, maszyn i urządzeń, wydanie na cele administracyjno-gospodarcze. Dokument RW zatwierdzają do realizacji tylko osoby upoważnione zarządzeniem wewnętrznym. Kontroli merytorycznej dokonują komórki odpowiedzialne za prawidłowość, legalność i rzetelność wystawienia dokumentów dla danych celów. Dział Ekonomiczny i Finansowy przeprowadza kontrolę formalno – rachunkową rozchodu wewnętrznego oraz dokonuje ujęcia w ewidencji księgowej.

- Zwrot materiałów „ZW”.
Dowód magazynowy będący udokumentowaniem zwrotu wydanych uprzednio do zużycia materiałów na potrzeby wewnętrzne zakładu. Kontroli merytorycznej dokonują komórki odpowiedzialne za prawidłowość, legalność i rzetelność wystawienia dokumentów dla danych celów. Dział Ekonomiczny i Finansowy przeprowadza kontrolę formalno-rachunkową zwrotu materiałów oraz dokonuje ujęcia w ewidencji księgowej.
- Wydanie materiałów „WZ”.
Wystawiany dla celów udokumentowania rozchodów materiałów. Dokument wystawia osoba dysponująca, a wydanie realizuje upoważniony pracownik magazynu. Stanowi on udokumentowanie wydanych materiałów odbiorcy, zwrot dostawcy materiałów uprzednio zakupionych, wydanie materiałów wykonawcy remontu, itp. Kontrolę formalno-rachunkową dowodów wydania i akceptacji dokonuje Dział Zaopatrzenia, Transportu i Gospodarki Materiałowej. Dział Ekonomiczny i Finansowy dokonuje zapisów w prowadzonej ewidencji księgowej, ilościowo-wartościowej.
- Faktura VAT.
Stanowi dowód dokonania transakcji kupna – sprzedaży i jest podstawą przeprowadzenia wydania materiałów oraz rozliczeń pieniężnych. Fakturę wystawia komórka organizacyjna dokonująca kupna/sprzedaży. Wystawione dokumenty po przekazaniu odbiorcy i realizacji kupna/sprzedaży przekazywane są do Działu Ekonomicznego i Finansowego, który dokonuje kontroli dokumentu oraz ujęcia w prowadzonej ewidencji księgowej.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakim kolorem są oznaczone rurociągi?
2. Jakie urządzenia stosuje się do transportu ciał stałych cieczy i gazów?
3. Jaka jest armatura odcinająca i regulacyjna?
4. Jakie urządzenia stosuje się do magazynowania ciał stałych cieczy i gazów?
5. Jak dzielimy zbiorniki do magazynowania cieczy?
6. Jak dzielimy zbiorniki do magazynowania gazów?
7. Jak dzielimy zbiorniki do magazynowania ciał stałych?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na wybranych (przez nauczyciela) schematach technologicznych, rysunkach, zdjęciach, filmach rozpoznaj urządzenia do transportu materiałów oraz armaturę odcinającą i regulacyjną.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać odpowiednie urządzenia na schematach technologicznych, rysunkach, zdjęciach, filmach,
- 2) nazwać te urządzenia,
- 3) dokonać ich krótkiej charakterystyki,
- 4) umieścić odpowiedzi w tabeli.

Nr schematu, zdjęcia, itp.	Rozpoznane urządzenie	Charakterystyka

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kopia wybranych schematów technologicznych,
- norma branżowa BN-72/2200-01 (symbole graficzne aparatów, maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego),
- filmy dydaktyczne prezentujące urządzenia do transportu materiałów oraz armaturę odcinającą i regulacyjną,
- zdjęcia, rysunki, modele prezentujące urządzenia do transportu materiałów oraz armaturę odcinającą i regulacyjną.

Ćwiczenie 2

Na wybranych (przez nauczyciela) schematach technologicznych, rysunkach, zdjęciach, filmach rozpoznaj urządzenia do magazynowania materiałów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać odpowiednie urządzenia na schematach technologicznych, rysunkach, zdjęciach, filmach,
- 2) nazwać te urządzenia,
- 3) dokonać ich krótkiej charakterystyki,
- 4) umieścić odpowiedzi w tabeli.

Nr schematu, zdjęcia, itp.	Rozpoznane urządzenie	Charakterystyka

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kopie wybranych schematów technologicznych,
- norma branżowa BN-72/2200-01 (symbole graficzne aparatów, maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego),
- filmy dydaktyczne prezentujące urządzenia do magazynowania materiałów,
- zdjęcia, rysunki, modele prezentujące urządzenia do magazynowania materiałów.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) rozróżnić urządzenia do transportu ciał stałych cieczy i gazów? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) rozróżnić urządzenia do magazynowania ciał stałych cieczy i gazów? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) rozróżnić urządzenia będące armaturą odcinającą i regulacyjną (zawory) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) scharakteryzować poszczególne zbiorniki? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.3. Przemysł chemiczny a ochrona środowiska. Zasady bezpieczeństwa procesowego

4.3.1. Materiał nauczania

Zanieczyszczenia środowiska przez zakłady przemysłu chemicznego

Przemysł chemiczny ma duży wpływ na zanieczyszczenie środowiska naturalnego.

Przykłady zanieczyszczenia środowiska przez zakłady przemysłu chemicznego:

- przyczynianie się do powstawania „kwaśnych deszczów” (tlenki siarki i azotu),
- przyczynianie się do powstawania „efektu cieplarnianego” (CO₂),
- katastrofa w Seveso (Włochy),
- katastrofa w Bhopalu (Indie).
- skażenie środowiska rtęcią i jej związkami.

Pierwszym zarejestrowanym tego typu przypadkiem było zatrucie rtęcią w latach 50. dużej grupy osób systematycznie jedzących ryby złowione w zatoce Minamata w Japonii. Znajdowała się tam niewielka fabryka produkująca aldehyd octowy z wykorzystaniem związków rtęci, jako katalizatora i usuwająca znaczne ich ilości do małej zatoki stanowiącej podstawowy obszar połowów dla okolicznych rybaków. Objawy choroby rozwijały się w ciągu kilku miesięcy. Źródłem zatrucia ryb okazał się plankton, którym się te ryby żywiły. Przekształcał on związki rtęci w dimetylortęć (CH₃)₂Hg. Stężenie tego związku, wraz z kolejnymi „dostawami ścieków” systematycznie rosło najpierw w samym planktonie, następnie w rybach, które go spożywały, a na końcu u ptaków i ludzi, którzy te ryby zjadali. Po odkryciu tego faktu, zakazano połowu ryb w tym rejonie. Szacuje się jednak, że do tego czasu, z powodu spożywania ryb z rejonu Minamata zmarło około 1400 osób zaś ponad 20000 doznało poważnego uszczerbku na zdrowiu.

Katastrofa w Bhopalu jest obecnie uważana za najtragiczniejszą w skutki awarię przemysłową, przewyższającą skutkami nawet katastrofę w Czarnobylu.

Zanieczyszczeniu ulegają wody (najczęściej poprzez ścieki), gleba (głównie przez składowanie odpadów poprodukcyjnych) oraz powietrze (emisje gazowe).

Emisję (wydzielanie substancji do atmosfery; punkt lub obszar, z którego zachodzi wydzielanie nosi nazwę „źródło emisji”) gazów w przemyśle chemicznym można podzielić na:

- zorganizowaną,
- rozproszoną,
- niezorganizowaną.

Oczyszczanie gazów jest możliwe wyłącznie w stosunku do emisji zorganizowanych. Ograniczanie emisji rozproszonej i niezorganizowanej osiąga się poprzez podejmowanie działań organizacyjnych i technicznych zmniejszających jej powstawanie. Źródłami emisji zorganizowanej są między innymi wszelkie emisje powstające:

- w wyniku procesu technologicznego (np. nieprzereagowany do końca dwutlenek siarki w produkcji kwasu siarkowego),
- przy odpowietrzeniu aparatury,
- ze spalania energetycznego paliw,
- wydobywające się z zaworów bezpieczeństwa,
- z systemów wentylacyjnych.

Emisja rozproszona pochodzi z punktowych, liniowych, powierzchniowych lub objętościowych źródeł w trakcie ich normalnej eksploatacji. Wyróżnić tu można przykładowo emisje z:

- aparatury procesowej w trakcie jej opróżniania, napełniania lub konserwacji,

- emisje powstające w trakcie procesów przeładunkowych,
- w trakcie rozruchu instalacji.

Emisje niezorganizowane związane są z wyciekami powstającymi na nieszczelnościach układów przesyłowych lub procesowych, jak zawory, pompy, sprężarki itp.

Podstawowe zanieczyszczenia powietrza. Sposoby ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem

W przemyśle chemicznym podstawowymi zanieczyszczeniami emitowanymi do powietrza są:

- dwutlenek węgla,
- związki siarki (głównie tlenki),
- związki azotu (głównie tlenki i amoniak),
- halogenki (głównie chlorki),
- produkty spalania niezupełnego (tlenek węgla i węglowodory),
- lotne związki organiczne (LZO),
- cząstki zawieszane (pyły, sadze, metale ciężkie).

Stosuje się następujące procesy oczyszczania:

- odpylanie (do cząstek zawieszonych),
- absorpcja i adsorpcja,
- katalityczne utlenianie i redukcja.

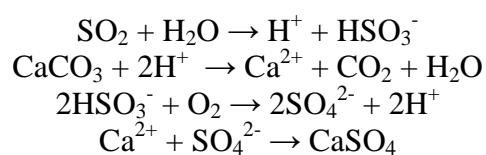
Konieczność stosowania urządzeń do oczyszczania gazów odlotowych wynika:

- z potrzeby ochrony atmosfery przed zanieczyszczeniami,
- z chęci odzyskania substancji (zmniejszenie zużycia surowców),
- z uniknięcie płacenia kar (lub ich zmniejszenia) za zanieczyszczenie środowiska.

Do najpoważniejszych zanieczyszczeń powietrza zaliczamy związki siarki (otrzymywanie H_2SO_4 i spalanie paliw – głównie węgla) oraz związki azotu (produkcja nawozów azotowych i spalanie paliw).

Sposoby odsiarczania:

- absorpcyjne: pochłanianie w wodzie i roztworach zasadowych (związkach wapnia, magnezu, w wodzie amoniakalnej), w wyniku czego z SO_2 otrzymujemy ostatecznie gips ($CaSO_4 \times 2 H_2O$),



- adsorpcyjne: związki siarki (H_2S) przepuszcza się przez węgiel aktywny, w wyniku czego odzyskuje się siarkę, którą następnie rozpuszcza się w wielosiarczku amonu; wielosiarczek po podgrzaniu rozkłada się na siarkę i siarczek amonu,
- wiązanie siarki: do spalin dodaje się amoniak, do węgla dodaje się $CaCO_3$; powstały siarczan amonowy może być stosowany jako nawóz.

Sposoby usuwania tlenków azotu:

- termiczna redukcja,
- katalityczna redukcja (z tlenku azotu(II), tlenku azotu(IV) i amoniaku powstaje azot i woda; katalizatorem jest V_2O_5).

Obecny stopień zanieczyszczenia środowiska skłania do zmian w procesach technologicznych i tworzenia technologii bezodpadowych (nic nie jest emitowane do atmosfery) oraz technologii małodpadowych (emisja zanieczyszczeń nieprzekraczająca norm).

- Główne rodzaje produktów ubocznych i odpadów przemysłu chemicznego:
- w produkcji amoniaku są to głównie tlenki azotu NO_x , i dwutlenek węgla CO_2 (jako produkt uboczny do produkcji mocznika),
 - w produkcji kwasu azotowego są to głównie tlenki azotu NO_x ,
 - w produkcji kwasu siarkowego jest to głównie tlenek siarki SO_2 ,
 - w produkcji kwasu fosforowego są to fosfogips (w małym stopniu wykorzystany jako nawóz), kwas fluorokrzemowy (jako produkt uboczny do produkcji glinu),
 - w produkcji chloru i NaOH są to rtęć (w metodzie rtęciowej) i azbest (w metodzie przeponowej),
 - w produkcji związków organicznych są to zużyte katalizatory.

Aby pozbyć się uciążliwych odpadów, warto zmienić technologię otrzymywania danego produktu (technologie mało- i bezodpadowe). Przykładem może być otrzymywanie chloru i wodorotlenku sodu metodą elektrolizy solanki (NaCl). Są trzy metody produkcji: rtęciowa, przeponowa i membranowa (najnowsza). W tym ostatnim przypadku możemy uniknąć bardzo uciążliwych dla środowiska odpadów: rtęci i azbestu. Dodatkowo, w przypadku metody membranowej, jest najmniejsze zużycie energii (elektrycznej i cieplnej), co również przyczynia się do poprawy stanu środowiska.

Produkcja przyjazna dla środowiska. Technologie BAT

Sposoby organizowania produkcji przyjaznej dla środowiska:

- stosowanie procesów ciągłych i zamykanie obiegów w węzłach reakcji chemicznych oraz rozdział produktów,
- odpady (zanieczyszczenia) należy użyć powtórnie lub zregenerować, spalić w spalarniach z oczyszczaniem spalin lub spalić w inny sposób,
- zminimalizowanie użycia energii i maksymalizowanie odzysku energii,
- uwzględnienie zasad „zielonej chemii”.

Zielona Chemia dotyczy nowego podejścia do zagadnienia syntezy, przeróbki i wykorzystania związków chemicznych związane ze zmniejszeniem zagrożenia dla zdrowia i dla środowiska. Jest to swego rodzaju drogowskaz dla nowych procesów i produktów chemicznych, można je również uwzględnić przy modernizacji instalacji. Zasady te obejmują wszystkie etapy procesu technologicznego:

- **Zapobieganie.**
Lepiej jest zapobiegać wytwarzaniu odpadów niż prowadzić obróbkę lub utylizację po wytworzeniu.
- **Oszczędzanie surowców.**
Metody syntezy winny być zaprojektowane w ten sposób, aby możliwe było maksymalne wykorzystanie i włączenie do produktu finalnego wszystkich materiałów używanych w procesie.
- **Ograniczanie zużycia niebezpiecznych związków chemicznych.**
Jeśli jest to możliwe, metody syntezy powinny być tak zaprojektowane, aby używane były (jako substraty) i wytwarzane jedynie takie substancje, które nie są toksyczne bądź tylko w niewielkim stopniu oddziałują niekorzystnie na środowisko i organizmy żywe.
- **„Projektowanie” bezpiecznych produktów chemicznych.**
Produkty chemiczne powinny być projektowane i używane w ten sposób, aby spełniały swoją funkcję przy minimalizacji ich toksyczności.
- **Używanie bezpiecznych rozpuszczalników i odczynników chemicznych** tam gdzie to jest możliwe lub zapewnić by nie stanowiły zagrożenia podczas ich stosowania.
- **Efektywne wykorzystywanie energii.**

Zapotrzebowanie na energię niezbędną do prowadzenia procesów chemicznych powinno być rozpatrywane przy uwzględnieniu aspektów środowiskowych i ekonomicznych. Jeśli jest to możliwe reakcje chemiczne powinny być prowadzone w warunkach otoczenia (temperatura, ciśnienie).

- **Wykorzystywanie surowców ze źródeł odnawialnych.**
Surowce i materiały używane w procesach wytwarzania chemikaliów powinny raczej pochodzić ze źródeł odnawialnych niż ze źródeł nieodnawialnych wszędzie tam gdzie jest to możliwe z technologicznego i chemicznego punktu widzenia.
- **Wykorzystywanie katalizatorów w procesach i reakcjach chemicznych.**
- **Poszukiwanie możliwości degradacji.**
Produkty chemiczne powinny być zaprojektowane w ten sposób by po okresie ich użytkowania nie stanowiły trwałych zanieczyszczeń środowiska i by możliwa była ich bezpieczna degradacja (np. problem zużytych opakowań z tworzyw sztucznych).
- **Prowadzenie analityki procesowej w czasie rzeczywistym.**
Konieczny jest rozwój procedur analitycznych, które umożliwiają kontrolę przebiegów procesów technologicznych w czasie rzeczywistym (ze względu na możliwość tworzenia się niebezpiecznych substancji w trakcie niekontrolowanego przebiegu procesu wytwórczego).
- **Zapewnienie właściwego poziomu bezpieczeństwa chemicznego.**
Substancje i forma fizyczna (stan skupienia) substancji używanych w procesach chemicznych powinny być dobrane w ten sposób, aby zminimalizować niebezpieczeństwo wypadków chemicznych wliczając w to wybuchy, pożary oraz wycieki.
Aby ograniczyć negatywny wpływ produkcji chemicznej na środowisko, zakłady korzystają z technik **BAT** (**B**est **A**vailable **T**echniques), czyli najlepszych dostępnych technik. Osiągają to poprzez:
 - Zmiany technologii służące eliminowaniu szkodliwych oddziaływań i uciążliwości poprzez zapobieganie emisjom do środowiska,
 - Zmiany technologii służące zmniejszeniu zapotrzebowania na energię, wodę oraz surowce,
 - Zmiany technologii ukierunkowane na ograniczenie wielkości emisji niektórych substancji i energii,
 - Inwestycje w urządzenia ograniczające emisję do środowiska (tzw. urządzenia „końca rury”).

Przykład BAT w przemyśle chloro-alkalicznym

Zasadniczymi technologiami stosowanymi w procesie produkcji chloru i wodorotlenku sodu są elektroliza rtęciowa, przeponowa (diafragmowa) oraz membranowa, głównie z zastosowaniem chlorku sodu jako surowca.

Wymogi BAT w całej pełni spełniają jedynie instalacje membranowe, natomiast instalacje diafragmowe mogą spełniać przy zachowaniu szczególnych wymogów odnośnie emisji azbestu i podobnie instalacje rtęciowe przy zachowaniu wymogów odnośnie minimalizacji zużycia rtęci. W chwili obecnej żadna polska instalacja produkcji chloru nie stosuje metody membranowej. Zakłady Azotowe Anwil jako jedyny w Polsce zakład chloro-alkaliczny jest u progu stosowania metody membranowej, gdyż instalacja taka jest w budowie.

Ze względu na jakość uzyskiwanych produktów, zużycie energii oraz stopień zagrożenia dla środowiska, jaki związany jest ze stosowaniem poszczególnych procesów można z całym przekonaniem stwierdzić, że przyszłość elektrolizy chlorków metali alkalicznych należy

bezwzględnie do procesu membranowego i nowopowstające zakłady chlorowe powinny bezwzględnie stosować tę metodę produkcji chloru.

System REACH

Jest to pakiet legislacyjny zakładający obowiązkową rejestrację substancji chemicznych, ocenę dokumentacji technicznej oraz ocenę substancji, udzielanie zezwoleń na wykorzystywanie substancji do produkcji i obrotu, a także powołujący Europejską Agencję Chemikaliów z siedzibą w Helsinkach, w Finlandii.

Założenia REACH:

Registration, Evaluation, Authorisation of CHemicals (Rejestracja, Ocena, Udzielanie Zezwoleń w zakresie Chemikaliów).

Rejestracja:

- chemikalia wytwarzane lub importowane w ilościach większych niż jedna tona podlegać będą obowiązkowi rejestracji w centralnej bazie danych,
- niektóre grupy substancji nie będą podlegały ograniczeniom (jak pewne półprodukty, polimery oraz niektóre chemikalia podlegające innym aktom prawnym UE),
- wymagany zakres informacji będzie wprost proporcjonalny do poziomu obrotu tonażowego i ryzyka, jakie dana substancja stwarza dla zdrowia lub dla środowiska,
- informacja na temat bezpieczeństwa produktu będzie przekazywana dalej wzdłuż łańcucha dostaw,
- bazą danych zarządzać będzie Europejska Agencja Chemikaliów.

Ocena:

- przewiduje się dwa rodzaje oceny: ocenę dokumentacji technicznej (dossier) oraz ocenę substancji,
- ocena dokumentacji będzie dotyczyła wszystkich proponowanych badań i testów m.in. na zwierzętach, jej celem jest minimalizacja liczby koniecznych testów na zwierzętach (REACH zakłada tu dzielenie się rezultatami testów i zachęca do korzystania z innych alternatywnych źródeł informacji),
- drugi rodzaj oceny dotyczy substancji, co do której władze mają uzasadnione powody do podejrzeń, że stwarza ona ryzyko dla zdrowia lub dla środowiska,
- końcowym rezultatem oceny dokumentacji technicznej oraz oceny substancji może być prośba o udostępnienie dalszej informacji – Agencja może podjąć taką decyzję, o ile wszystkie Państwa Członkowskie wyrażą na to zgodę, w przeciwnym wypadku taka decyzja musi zapaść na szczeblu Komisji.

Udzielanie zezwoleń:

- substancje ocenione jako negatywnie oddziałujące na zdrowie lub na środowisko będą wymagały zezwoleń wydawanych przez Komisję Europejską na wprowadzanie do obrotu w wybranych kierunkach wykorzystania [dotyczy to substancji CMR (rakotwórczych, mutagennych i o szkodliwym działaniu na rozrodczość), PBTs (trwałych, zdolnych do bioakumulacji i toksycznych), vPvBs (o bardzo dużej trwałości i bardzo dużej zdolności do bioakumulacji) oraz ewentualnych innych substancji o porównywalnej szkodliwości dla człowieka lub dla środowiska],
- zezwolenie na wykorzystywanie substancji (np. do produkcji i obrotu) zostanie udzielone jeśli ryzyko wynikające z jej użytkowania będzie odpowiednio kontrolowane. W przeciwnym przypadku Komisja zbada czy możliwe jest zastosowanie bardziej bezpiecznego zamiennika substancji. Jeśli ze względów ekonomicznych będzie to niemożliwe, a kierunek wykorzystania takiej substancji będzie uzasadniony ze względów ekonomicznych i społecznych Komisja może udzielić zezwolenia.

Gospodarka energetyczna w zakładach przemysłu chemicznego

Gospodarka energetyczna ma również wpływ na środowisko naturalne (im większe zużycie, tym większe zanieczyszczenie – energię należy wyprodukować, najczęściej przez spalanie paliw).

W przemyśle chemicznym energia jest używana na przeprowadzanie reakcji chemicznych (endoenergetycznych) i procesów fizycznych (np. destylacja, desorpcja, suszenie) w danym procesie technologicznym. Zużywana jest także w operacjach pomocniczych, takich jak:

- rozdrabnianie i transport materiałów stałych (surowców, półproduktów i produktów),
- przepompowanie cieczy, sprężanie gazów, itp.,
- do zasilania różnych urządzeń (np. systemy aparatury kontroli i automatycznego sterowania procesami, oświetlenie).

Wskaźnikiem energochłonności produkcji chemicznej jest całkowite zużycie energii potrzebne do uzyskania jednostkowej masy (lub objętości) końcowego produktu. Podaje się najczęściej w kJ/kg lub kJ/m³ (czasami określa się zużyciem paliwa, np. ilość ton węgla na 1 t produktu).

Rodzaje energii:

- elektryczna (jest najdroższa; używana w procesach elektrolizy, niektórych procesach topienia i ogrzewania, w elektrofiltrach do odpylania, w aparaturze kontrolno-pomiarowej, do napędzania silników),
- cieplna (wykorzystuje się m.in. do ogrzewania, topienia, suszenia, odparowywania, desorpcji, rektyfikacji; nośnikami tej energii są najczęściej: para wodna i gazy spalinowe ze spalania paliw w palnikach pieców technologicznych),
- jądrowa (w przemyśle chemicznym rzadko stosowana),
- świetlna (reakcje fotochemiczne).

Zgodnie z zasadą technologiczną najlepszego wykorzystania energii, wykorzystuje się wtórne zasoby energetyczne (energię zawartą w gorących gazach odlotowych, gorących produktach i półproduktach). Odzyskiwanie tej energii przedstawiają rysunki 4 i 5.

Zapobieganie awariom w zakładach chemicznych

Wielkie awarie (Seveso, Bhopol, Czarnobyl) spowodowały gwałtowny rozwój badań techniki w dziedzinie bezpiecznego prowadzenia procesów technologicznych w przemyśle chemicznym. Wyodrębniła się nowa dziedzina wiedzy – nauka o bezpieczeństwie i zapobieganiu stratom (BZS), która zajmuje się zagadnieniem oceny i klasyfikacji zagrożeń oraz problemami zarządzania bezpieczeństwem w różnych działach przemysłu.

Zagrożenie związane z materiałami i instalacjami chemicznymi, którego skutkiem są pożary, wybuchy, skażenia toksyczne i korozyjność nosi nazwę zagrożenia chemicznego.

Występujące nagle w dużej skali zagrożenie wywołane wpływem substancji chemicznej lub energii do otoczenia, mogące powodować poważne straty obejmujące ludzi, majątek oraz szkody zarówno na terenie zakładu jak i poza nim nosi nazwę nadzwyczajnego zagrożenia środowiska.

W 2001 roku weszła w życie ustawa: Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz. U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150 z późn. zm.). W ustawie tej są uwzględnione aktualne zalecenia Unii Europejskiej w zakresie bezpieczeństwa procesowego oraz przeciwdziałania poważnym awariom i nadzwyczajnym zagrożeniom środowiska.

Wybrane akty prawne w zakresie bezpieczeństwa procesowego i BHP to:

- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (t.j. Dz. U. z 2002 r. Nr 147, poz. 1229 z późn. zm);
- Ustawa z dnia 28 października 2002 r. o przewozie drogowym towarów niebezpiecznych (Dz. U. Nr 199, poz. 1671 z późn. zm);

- Polska Norma PN-18001 z 1999 roku (wymagania dotyczące systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w oparciu o normy PN-ISO 9000 (system zarządzania jakością) oraz PN-EN-ISO 14000 (system zarządzania środowiskowego). Norma ta zawiera zgodne z normami europejskimi definicje awarii, ryzyka, zagrożenia, zawiera zarządzenia dotyczące bezpieczeństwa pracy, itp.;
- Dyrektywa UE z 9 grudnia 1996 roku w sprawie zarządzania zagrożeniami w wyniku poważnych awarii z udziałem niebezpiecznych substancji nazywana również dyrektywą SEVESO (96/82/EU).

Zakłady chemiczne są zakładami dużego ryzyka dla ludzi i środowiska naturalnego.

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie rodzajów i ilości substancji niebezpiecznych dzielimy je na dwie kategorie:

- zakłady o zwiększonym ryzyku (ZZR),
- zakłady o dużym ryzyku (ZDR).

Zakłady o zwiększonym ryzyku są zobowiązane posiadać (zgodnie z ustawą prawo ochrony środowiska):

- zgłoszenie do Państwowej Straży Pożarnej (PSP),
- program zapobiegania poważnym awariom przemysłowym.

Zakłady o dużym ryzyku są zobowiązane posiadać (zgodnie z ustawą prawo ochrony środowiska):

- zgłoszenie do PSP,
- program zapobiegania poważnym awariom przemysłowym,
- raport o bezpieczeństwie,
- wewnętrzny plan operacyjno-ratowniczy.

Polskie zakłady chemiczne, w tym rafineryjne, petrochemiczne, ciężkiej syntezy oraz nawozowe, zaliczane do grupy zakładów „dużego ryzyka”, reprezentują dość dobry standard zapewnienia bezpieczeństwa.

Każdy zakład „dużego ryzyka” powinien w pierwszej kolejności ustalić podstawy zapewnienia bezpieczeństwa. Powinny one być oparte na dwóch filarach: zasady bezpieczeństwa procesowego oraz metod oceny zapewnienia bezpieczeństwa.

W zakresie pierwszego filaru, czyli zasad bezpieczeństwa procesowego można wyróżnić:

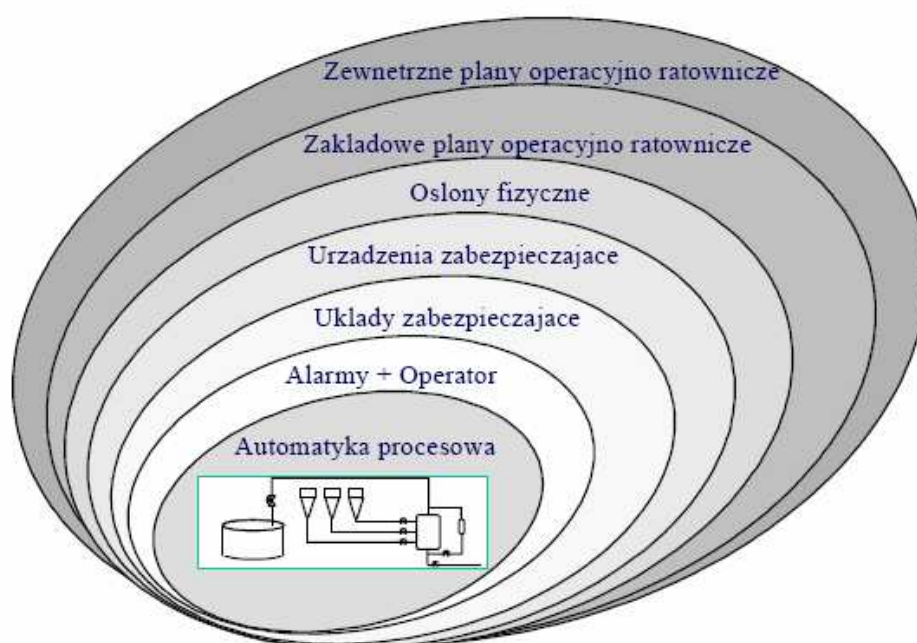
1. Zbiór uniwersalnych zasad ogólnych bezpieczeństwa procesowego, obejmujących wiedzę i doświadczenie dotyczące bezpiecznego prowadzenia procesów chemicznych, wypracowanych przez naukę i przemysł w przeszłości. Można tu wyróżnić:
 - zasadę bezpieczeństwa naturalnego,
 - zasadę pierwszeństwa zapobiegania przed ograniczaniem i przeciwdziałaniem skutkom,
 - zasadę dobrej praktyki inżynierskiej, co oznacza zastosowanie odpowiednich norm, standardów, wymagań technicznych i poradników inżynierskich,
 - zasadę wzajemnej i akceptowanej relacji między występującymi zagrożeniami a stosowanymi wielowarstwowymi zabezpieczeniami,
 - zasadę integracji zarządzania bezpieczeństwem z innymi systemami zarządzania w przedsiębiorstwie.
2. Zbiór szczegółowych zasad technicznych, który w wielkich zakładach chemicznych powinien obejmować następujące obszary:
 - ochronę pożarową i chemiczną,
 - szczelność aparatury i urządzeń procesowych,
 - niezawodność działania wszystkich aparatów, urządzeń i wyposażenia,
 - automatykę procesową i automatykę zabezpieczeniową,
 - bezpieczne systemy pracy i obsługi instalacji procesowych,

- ochronę środowiska naturalnego.

Zbiory zasad ogólnych i szczegółowych powinny być ustalone, przestrzegane i aktualizowane na wszystkich szczeblach rozwoju instalacji, zgodnie ze specyfiką występujących zagrożeń. Zbiory te można nazwać zakładowym kodeksem zasad bezpieczeństwa procesowego.

Drugim filarem jest ustalenie metody oceny zapewnienia bezpieczeństwa. Każdy zakład powinien ustalić najbardziej przydatną metodę określania i oceny ryzyka, która następnie będzie konsekwentnie stosowana na wszystkich etapach życia instalacji, począwszy od projektowania, poprzez budowę, eksploatację, aż po jej zamknięcie.

Opracowano model opisu zabezpieczeń procesów przemysłowych. W modelu tym wszystkie czynniki mające wpływ na wzrost bezpieczeństwa procesu podzielono na niezależne od siebie grupy. Przyjęcie warstwowego modelu zabezpieczeń usystematyzowało ich tworzenie i znacząco ułatwiło analizę ryzyka – szczególnie scenariuszy awaryjnych. Przykład powszechnie używanego podziału na warstwy zabezpieczeń przedstawia rysunek 18.



Rys. 18 Warstwowy model zabezpieczeń procesu [2, s. 3]

Z modelu zabezpieczeń wynika, że bardzo ważną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa procesu mają takie czynniki jak:

- automatyka zabezpieczeniowa (automatyka procesowa),
- szczelność aparatury i urządzeń procesowych (układy i urządzenia zabezpieczające),
- niezawodność działania wszystkich aparatów, urządzeń i wyposażenia (układy i urządzenia zabezpieczające),
- ochrona pożarowa i chemiczna (zakładowe i zewnętrzne plany operacyjno-ratownicze).

Zapobieganie i minimalizacja skutków awarii przemysłowych na przykładzie zakładu produkującego chlor (w wyniku elektrolizy).

Zakład powinien posiadać odpowiednie środki techniczne:

- 1 Układy blokad technologicznych.

Mają one za zadanie zatrzymać pracę urządzeń lub przerwać proces technologiczny, gdy dalsze tolerowanie przekroczenia ich parametrów funkcjonowania grozi utratą panowania nad pracą i awarią. Osiągnięcie I progu blokady powoduje włączenie sygnalizacji świetlnej i akustycznej. Uzyskanie wartości parametru określającego II próg blokady

- powoduje wyłączenie silnika napędowego i automatyczne otwarcie klapy kierującej chlor do instalacji niszczenia.
- 2 Czujniki do wykrywania zawartości chloru w powietrzu.
W obiektach elektrolizy, sprężania chloru, magazynu chloru i produkcji kwasu solnego zainstalowane są czujniki chloru. Rozmieszczono je w bezpośrednim sąsiedztwie możliwych miejsc awaryjnego wypływu chloru z aparatów, armatury, złącz, itp. Sygnał świetlny i akustyczny przeniesiony jest do sterowni centralnej.
 - 3 Kurtyna dyspersyjna (wodna lub powietrzna).
Wykorzystuje się dobrą rozpuszczalność chloru w wodzie.
 - 4 Instalacja niszczenia chloru.
 - 5 Zawory bezpieczeństwa na aparatach.
 - 6 Zbiorniki awaryjne w magazynie chloru.
Magazyn ma konstrukcję schronu typu ciężkiego zdolną wytrzymać duże nadciśnienie od zewnątrz i wewnątrz. Wykonany jest tak jak dla największego źródła zagrożenia. Celem jest powstrzymanie emisji do otoczenia i systematyczne kierowanie chloru do instalacji niszczenia. Ciągła kontrola otwarcia drzwi do pomieszczenia magazynowego i zainstalowanie sygnalizacji i przeniesienie sygnału do sterowni centralnej.
 - 7 Sprzęt ratownictwa chemicznego i przeciwpożarowego.
 - 8 Instalacje wyposażone są w podręczny sprzęt gaśniczy oraz punkty, w których zlokalizowany jest sprzęt ochrony dróg oddechowych w postaci aparatów ze sprężonym powietrzem i inhalatorów tlenowych, które mają za zadanie łagodzić skutki zatrucia chlorem. Miejsca z tym sprzętem, drogi i wyjścia ewakuacyjne są oznakowane zgodnie z obowiązującymi przepisami.
Bardzo ważną rolę pełni system ostrzegania pracowników. Uruchamiany jest w przypadku rozprzestrzeniania się chloru w terenie, a składają się z:
 - syren alarmowych elektrycznych o promieniu słyszalności 300 m. Włączone są one do układu centralnego sterowania, ale w wydziale chloru mogą być uruchamiane ręcznie przez uprawnioną osobę,
 - wiatrowskazów – działających stale, w tym jeden położony centralnie i oświetlony w porze nocnej,
 - wewnętrznej sieci telefonicznej między obiektami elektrolizy, sprężania chloru, magazynu chloru i produkcji kwasu solnego, niezależnej od sieci ogólnozakładowej.











Klasyfikacja niebezpiecznych produktów chemicznych










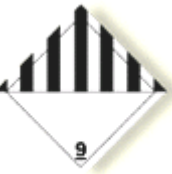
Aktualnie w Polsce w dwóch obszarach: transportu i obrotu, obowiązują oddzielne systemy klasyfikacji niebezpiecznych produktów chemicznych uwzględniające stwarzane przez nie zagrożenia fizykochemiczne i toksyczne. Klasyfikacja produktów niebezpiecznych w obszarze transportu oparta jest na kryteriach klasyfikacyjnych ustalonych przez komitet ekspertów ONZ do spraw przewozu materiałów niebezpiecznych (system ADR). Na użytek krajowy największe znaczenie ma transport drogowy i kolejowy. W ramach tego systemu niebezpieczne produkty chemiczne podzielono na następujące klasy niebezpieczeństwa (9 klas):

Tabela 2. Klasy niebezpieczeństwa produktów chemicznych [opracowanie własne]

Nr klasy	Substancje chemiczne
1	Materiały i przedmioty wybuchowe
2	Gazy
3	Materiały ciekłe zapalne
4.1	Materiały stałe zapalne
4.2	Materiały samozapalne
4.3	Materiały wydzielające w zetknięciu z wodą gazy zapalne
5.1	Materiały utleniające
5.2	Nadtlenki organiczne
6.1	Materiały trujące
6.2	Materiały zakaźne
7	Materiały promieniotwórcze
8	Materiały żrące
9	Różne materiały i przedmioty niebezpieczne

Klasyfikacja polega na zaliczeniu danego materiału do: właściwej klasy niebezpieczeństwa, do punktu (podklasy) w obrębie danej klasy oraz litery (grupy zgodności) w obrębie podpunktu. Klasę niebezpieczeństwa określa się na podstawie zagrożenia stwarzanego przez materiał. Jeżeli materiał charakteryzuje się dwoma lub trzema rodzajami zagrożeń to o klasyfikacji decyduje zagrożenie najpoważniejsze. Razem mogą być przewożone materiały należące do tej samej grupy zgodności.











 Nr 1	 Nr 1.4	 Nr 1.5	 Nr 1.6	 Nr 2.1
Substancje i przedmioty wybuchowe Podklasa 1.1, 1.2, 1.3	Substancje i przedmioty wybuchowe Podklasa 1.4	Substancje i przedmioty wybuchowe Podklasa 1.5	Substancje i przedmioty wybuchowe Podklasa 1.6	Gazy palne
 Nr 2.2	 Nr 2.3	 Nr 3	 Nr 4.1	 Nr 4.2
Gazy niepalne i nietrujące	Gazy trujące	Materiały ciekłe zapalne	Materiały stałe zapalne, samoreaktywne i materiały wybuchowo odczulone	Materiały samozapalne

 Nr 4.3	 Nr 5.1	 Nr 5.2	 Nr 6.1	 Nr 6.2
Materiały wytwarzające w kontakcie z wodą gazy zapalne	Materiały utleniające	Nadtlenki organiczne	Materiały trujące	Materiały zakaźne
 Nr 7A	 Nr 7B	 Nr 7E	 Nr 8	 Nr 9
Materiały promieniotwórcze Kategoria I – Biała	Materiały promieniotwórcze Kategoria II – Żółta	Materiał rozszczepialny klasy 7	Materiały żrące	Różne materiały i przedmioty niebezpieczne

Rys. 19. Znaki i symbole informacyjne substancji chemicznych (wg ARD)

Drugi system klasyfikacji obowiązuje przy wprowadzaniu materiałów do obrotu (rys. 20). Materiały niebezpieczne według tej systematyki są klasyfikowane w 15 kategoriach niebezpieczeństwa:

- 1 – substancje o właściwościach wybuchowych (E).
- 2 – substancje o właściwościach utleniających (O).
- 3 – substancje skrajnie łatwopalne (F+).
- 4 – substancje wysoce łatwopalne (F).
- 5 – substancje łatwopalne nieoznaczone symbolem łatwopalnym.
- 6 – substancje bardzo toksyczne (T+).
- 7 – substancje toksyczne (T).
- 8 – substancje szkodliwe (Xn).
- 9 – substancje żrące (C).
- 10 – substancje drażniące (Xi).
- 11 – substancje uczulające, mogą być (Xn) lub (Xi).
- 12 – substancje rakotwórcze, mogą być (T) lub (Xn).
- 13 – substancje mutagenne, mogą być (T) lub (Xn).
- 14 – substancje działające na rozrodczość, mogą być (T) lub (Xn).
- 15 – substancje niebezpieczne dla środowiska (N).

				
Właściwości wybuchowe E	Właściwości utleniające O	Nateżone właściwości zapalające F+	Właściwości zapalające F	Właściwości trujące T
				
Nateżone właściwości trujące T+	Właściwości drażniące Xi	Właściwości szkodliwe Xn	Właściwości żrące C	Właściwości niebezpieczne dla środowiska N

Rys. 20. Znaki i symbole informacyjne substancji chemicznych [21]

Karty charakterystyki

Producent i dostawca substancji niebezpiecznych ma obowiązek posiadania kart charakterystyki. Substancja niebezpieczna może być rozprowadzana po terenie kraju tylko z tą kartą. W karcie charakterystyki substancji powinno być:

- identyfikacja substancji chemicznej i producenta,
- skład i informacje o składnikach,
- identyfikacja zagrożeń,
- pierwsza pomoc,
- postępowanie w przypadku pożaru,
- postępowanie w przypadku uwolnienia do środowiska,
- obchodzenie się z substancją i magazynowanie,
- kontrola narażenia,
- środki ochrony indywidualnej,
- właściwości fizykochemiczne,
- stabilność i reaktywność,
- informacje toksykologiczne,
- postępowanie z odpadami,
- informacje o transporcie,
- informacje dotyczące uregulowań prawnych,
- inne informacje.

Karty oceny ryzyka zawodowego

W karcie oceny ryzyka zawodowego wymienia się różne czynniki środowiska pracy, na które mogą być narażeni pracownicy podczas wykonywania rutynowej pracy.

Zawiera następujące treści:

- informacje o najczęstszych zagrożeniach związanych z wykonywaniem określonego zawodu,

- uszczegółowione i usystematyzowane charakterystyki różnych czynników oraz możliwe skutki zdrowotne, czasami uzupełnione o sugestie dotyczące sposobów zapobiegania ich szkodliwemu działaniu,
- wskazania dotyczące działań i środków profilaktycznych dla wybranych zagrożeń.

Tabela 3. Wzór przykładowej karty oceny ryzyka zawodowego [opracowanie własne]

Przedsiębiorstwo (wydział)		Karta oceny ryzyka Zawodowego Na stanowisku pracy		Data	Nr karty
Stanowisko pracy			Imię i nazwisko pracownika		
Lp.	Zagrożenie	Środki ograniczające ryzyko zawodowe	Oszacowanie/ ocena ryzyka zawodowego	Zalecenia dotyczące wprowadzenia dodatkowych środków ochrony	
	<p>Wpisać tu należy wszystkie zagrożenia, które mogą powodować występowanie urazów lub chorób pracowników, np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> – hałas, – drgania, – mikroklimat, – promieniowanie, – pole elektromagnetyczne, – ruchome, ostre elementy, – płyny pod ciśnieniem, – śliskie powierzchnie, – ograniczone przestrzenie, – zagrożenie wybuchem i pożarem, – niskie napięcie, – wysokie napięcie, – czynniki biologiczne, – obciążenie statyczne, – wysiłek fizyczny, – obciążenie psychiczne, – mikroklimat, – oświetlenie. 	<p>Wymienić tu należy środki, jakie stosuje się w celu ograniczenia ryzyka zawodowego związanego z każdym zagrożeniem, np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> – środki ochrony zbiorowej (np. wentylacja) – środki ochrony indywidualnej (np. ochronniki słuchu) – instrukcje bezpiecznej pracy, szkolenie, itp. 	<p>Wpisuje się tu dla każdego zagrożenia wynik oszacowania ryzyka zawodowego i jego oceny po zastosowaniu wymienionych środków ochrony (np, ryzyko średnie dopuszczalne)</p>	<p>Wpisać tu należy działania, planowane w celu ograniczenia ryzyka zawodowego. Działania te muszą być zrealizowane w jak najkrótszym terminie, jeżeli ryzyko zawodowe jest niedopuszczalne.</p>	
Potwierdzenie przyjęcia do wiadomości przez pracownika		Podpis		Data	

Realizując postanowienia Dyrektywy WE został w Polsce zorganizowany system ustalania normatywów higienicznych. Międzyresortowa Komisja do Spraw Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy opracowuje i wydaje w miarę potrzeby ekspertyzy dotyczące tych wartości.

Najwyższe Dopuszczalne Stężenie (NDS) – wartość średnia ważona stężenia, którego oddziaływanie na pracownika, w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w Kodeksie pracy, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.

Najwyższe Dopuszczalne Stężenia Chwilowe (NDSCh) – wartość średnia stężenia, które nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika, jeżeli występuje w środowisku pracy nie dłużej niż 15 minut i nie częściej niż 2 razy w czasie zmiany roboczej, w odstępie czasu nie krótszym niż 1 godzina.

Najwyższe Dopuszczalne Stężenia Pułapowe (NDSP) – wartość stężenia, które ze względu na zagrożenie zdrowia lub życia nie może być w środowisku pracy przekroczona w żadnym momencie.

Informacja o wartościach NDS, NDCh, NDSCh, NDSP można znaleźć w kartach charakterystyk danych substancji. Wartości te powinny być brane pod uwagę przy konstruowaniu kart oceny ryzyka zawodowego.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz przykłady zanieczyszczenia środowiska naturalnego przez przemysł chemiczny?
2. Co nazywamy emisją i jakie są jej rodzaje?
3. Jakie znasz podstawowe zanieczyszczenia emitowane do powietrza przez przemysł chemiczny?
4. Jakie najczęściej stosuje się procesy oczyszczania gazów odlotowych?
5. Co nazywamy technologią bezodpadową i małodpadową?
6. Jakie znasz przykłady technologii bezodpadowych i małodpadowych?
7. Jakie znasz sposoby organizowania produkcji przyjaznej dla środowiska?
8. Co oznacza pojęcie „zielonej chemii”?
9. Jakie znasz rodzaje i nośniki energii używanej w przemyśle chemicznym i do czego jest ona najczęściej używana?
10. W jaki sposób można odzyskiwać wtórne zasoby energetyczne?
11. Co oznaczają pojęcia: zagrożenie chemiczne i nadzwyczajne zagrożenia środowiska?
12. Co oznaczają skróty: ZZR i ZDR, BAT i REACH?
13. Na jakie klasy lub kategorie podzielono niebezpieczne produkty chemiczne?
14. Co to jest karta oceny ryzyka zawodowego?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Korzystając z dostępnych źródeł (książki, czasopisma, Internet), wykonaj i zaprezentuj projekt: „Przykłady zanieczyszczenia środowiska przez zakłady przemysłu chemicznego”.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać i zapoznać się z informacjami na temat zanieczyszczenia środowiska przez zakłady przemysłu chemicznego (np. katastrofy w Minamata, Seveso, Bhopalu),
- 2) zaprezentować przygotowany projekt na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

W jaki sposób ograniczysz emisję tlenku siarki(IV) do powietrza? Zaplanuj i wykonaj odpowiednie doświadczenie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odpowiedzieć na pytania kontrolne,
- 2) zaplanować wykonanie ćwiczenia,
- 3) dokonać samooceny.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tekst przewodni,
- sprzęt laboratoryjny i odczynniki potrzebne do otrzymania i usunięcia SO₂.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wskazać przykłady zanieczyszczania środowiska przez zakłady przemysłu chemicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować sposoby organizowania produkcji przyjaznej dla środowiska?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) posłużyć się przepisami i dokumentami z zakresu magazynowania, transportu, oznakowywania substancji niebezpiecznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić rodzaje nośników energii stosowanych w przemyśle chemicznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wskazać przykłady racjonalnego wykorzystania energii w instalacjach przemysłu chemicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. System jakości produkcji w zakładzie chemicznym. Metody kontroli produkcji

4.4.1. Materiał nauczania

Systemy zarządzania

W branży chemicznej systemy zarządzania są często używanym narzędziem służącym poprawie ochrony zdrowia, ochrony środowiska i bezpieczeństwa (HSE). Największą popularnością w Polsce cieszy się System Zarządzania Jakością według normy ISO (Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna) serii 9000:2000. Posiadanie certyfikatu tej normy przez firmę daje gwarancję klientowi, że dostarczane przez zakład produkty są zgodne z jego wymaganiami.

Kolejnym systemem, który cieszy się dużym powodzeniem w przemyśle chemicznym, jest system Zarządzania Środowiskowego według normy ISO 14001:2004. System ten umożliwia firmie opracowanie i wdrożenie polityki środowiskowej z uwzględnieniem wymogów prawnych. Wprowadzenie go pozwala zredukować oddziaływanie firmy na środowisko, doskonalić sprawność operacyjną, zidentyfikować możliwości redukcji kosztów oraz budować pozytywny wizerunek firmy w oczach klientów, instytucji państwowych i właścicieli.

Sporym zainteresowaniem w przemyśle chemicznym cieszy się również System Zarządzania Bezpieczeństwem OHSAS serii 18000. Przedsiębiorstwa, stosując się do zasad tego systemu, podnoszą poziom bezpieczeństwa i higieny pracy, co ułatwia im dostosowanie się do przepisów prawa w tym zakresie. Może być on zastosowany w każdej organizacji, która wyraża wolę aktywnego zajmowania się problematyką ryzyka zawodowego, bezpieczeństwa i higieny pracy.

Coraz częściej przedsiębiorstwa integrują (łączą) te wszystkie systemy (oraz finanse firmy) w jeden ogólny system zarządzania.

Pojęcie normy. Rodzaje próbek

Ważnym pojęciem w systemach zarządzania jest norma. Aby móc porównywać wyniki analiz dokonywanych w różnych laboratoriach, wprowadzono znormalizowane metody badania różnych materiałów. Metody te ujęto w tzw. normach. Ustalają one szczegółowo przepis wykonania oznaczenia określonego składnika w danym materiale. Istnieją dwa podstawowe rodzaje norm: Polska Norma PN i Norma Branżowa BN (Polski Komitet Normalizacyjny zaprzestał wydawania norm BN w 2002 r). Polskie Normy zawierają przepisy analizy i charakterystykę substancji o szerszym zastosowaniu, Normy Branżowe zaś – przepisy specyficzne, stosowane wyłącznie w danej gałęzi przemysłu. Norma składa się z symbolu PN (polska) lub BN (branżowa), roku wydania i kolejnego numeru. Polskie Normy są opracowywane przez Komitety Techniczne – ciała złożone z ekspertów delegowanych przez instytucje zainteresowane normalizacją. Polski Komitet Normalizacyjny PKN nie jest odpowiedzialny za treść norm i nie jest urzędem tworzącym przepisy techniczne, nadzoruje jedynie zgodność procesów opracowywania norm z przepisami wewnętrznymi PKN. Zatwierdzenie projektu przez PKN jest formalnym stwierdzeniem tej zgodności i nadaniem projektowi statusu normy krajowej. Aby zapoznać się z daną normą, należy ją zakupić. Zbiory norm są także dostępne bezpłatnie w kilku czytelniach Punktów Informacji Normalizacyjnej. Norma jest chroniona prawem autorskim i nie wolno jej kopiować.

Od chwili ratyfikacji Traktatu ateńskiego 1 maja 2004 r., na mocy którego Polska stała się członkiem Unii Europejskiej Polski Komitet Normalizacyjny zajmuje się przede wszystkim wprowadzaniem do PN Norm Europejskich, tworzonych przez Europejski Komitet

Normalizacyjny. Normy Europejskie nie są sprzedawane. Mogą stać się przedmiotem sprzedaży dopiero po wdrożeniu Normy Europejskiej do normy krajowej.

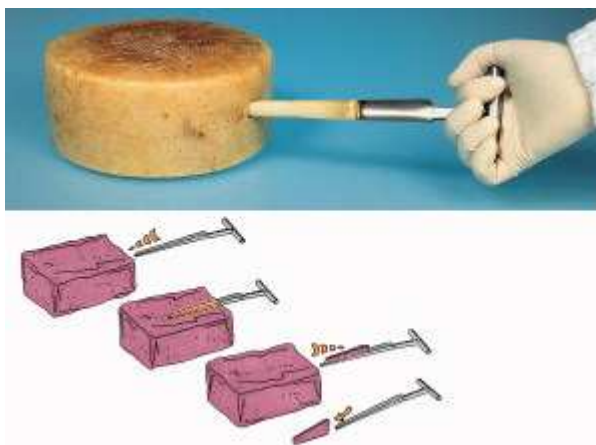
W Polsce normy będące krajowymi wdrożeniami norm europejskich są oznaczone symbolem „PN-EN”, „PN-ETS”, „PN-ETSI EN”, „PN-HD”, „PN-ENV” i „PN-CR”.

W analizie chemicznej bardzo istotnym problemem jest przygotowanie próbek do analizy.

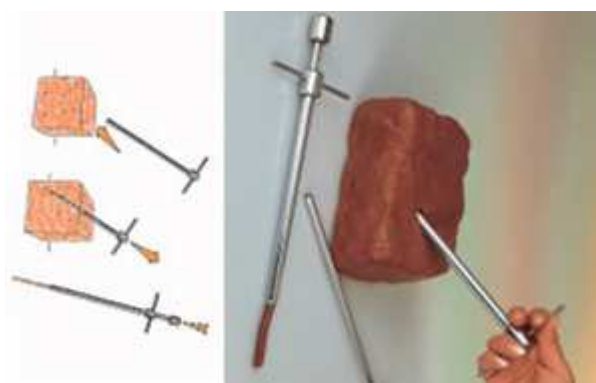
Operacje związane z tym etapem mogą w sposób znaczący wpłynąć na wynik końcowy oznaczenia. Pobieranie próbek jest pierwszym etapem procesu analitycznego. Istnieją odpowiednie normy, w których podane są dokładne informacje dotyczące sposobu pobierania poszczególnych rodzajów próbek, jak i przyrządów używanych do ich pobierania.

Z partii produktu (ilość substancji tego samego rodzaju) pobiera się próbki pierwotne. Z wielu próbek pierwotnych, po zmieszaniu, uzyskujemy próbkę ogólną. Z próbki ogólnej, po jej dobrym wymieszaniu i ewentualnym rozdrobnieniu, odrzuca się część substancji, a pozostałość stanowi średnią próbkę laboratoryjną. Z niej pobieramy próbkę analityczną i przeprowadzamy analizę (zgodnie z odpowiednią normą).

Próbki substancji stałych najlepiej pobierać bezpośrednio z urządzeń transportujących lub przesypujących substancję, w sposób ciągły lub w określonych odstępach czasu. Do pobierania próbek stosuje się różnego rodzaju próbniki (zagłębniki) z materiału odpornego na działanie chemiczne pobieranej substancji.



Rys. 21. Próbnik do past [18]



Rys. 22. Świder [18]

Próbki substancji ciekłych najłatwiej jest pobierać bezpośrednio z rurociągu dzięki odpowiednim zaworom. Po otwarciu zaworu należy spuścić pewną ilość cieczy, zgodnie z normą, i dopiero potem podstawić właściwe naczynie w celu pobrania próbki (nie jest to konieczne, gdy ciecz jest jednorodna). Z beczek, cystern i zbiorników pobiera się próbki cieczy za pomocą specjalnych rur zagłębnikowych, pipet lub butelek.

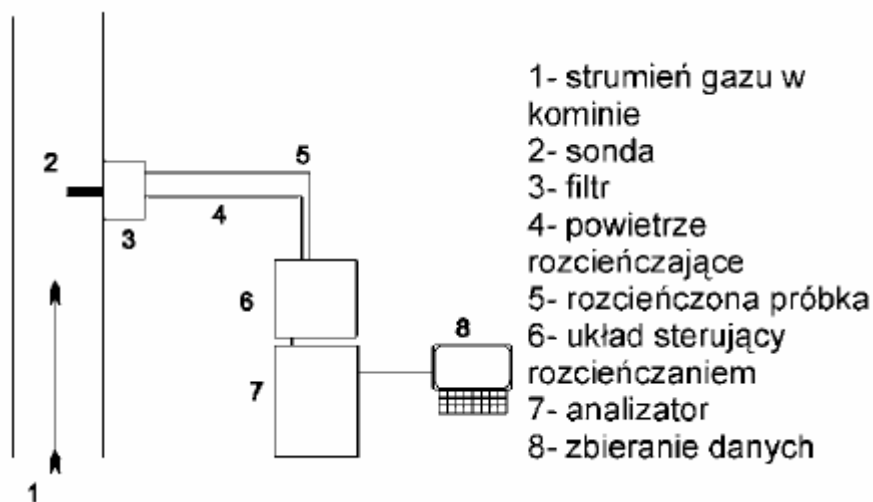


Rys. 23. Butla zanurzeniowa do pobierania próbek produktów naftowych [18]



Rys. 24. Pipety [18]

Próbki substancji gazowych pobiera najczęściej z rurociągu w sposób ciągły lub wrywkowy. Sposób ciągły polega na pobieraniu substancji w ciągu dłuższego, określonego czasu, np. 24 h.



Rys. 25. Schemat układu do pobierania próbek ze strumienia gazów odlotowych z wykorzystaniem techniki rozcieńczania i ekstrakcji [12]

Pobieranie próbek

Według normy ISO 17025 pobieranie próbek:

- powinno przebiegać według ustalonego planu, opartego na metodach statystycznych,
- wybór odpowiedniej próbki lub próbek z większej ilości materiału jest procesem bardzo ważnym a jednocześnie skomplikowanym,
- należy stosować system identyfikacji próbek i obiektów badań za pomocą dokumentów lub przez odpowiednie oznakowanie,
- należy nadzorować i kontrolować czynniki wpływające na miarodajność próbek oraz tworzyć zapisy zapewniające identyfikację pobierającego, zastosowanej procedury i planu pobierania oraz warunków środowiskowych (o ile mają znaczenie),
- powinny istnieć procedury dotyczące transportu, przyjmowania, identyfikacji, przechowywania i pozbywania się obiektów badań, zapewniające niezmienność właściwości materiału,
- wyniki pomiarów w postaci sprawozdania z badań powinny być podawane jasno, jednoznacznie i obiektywnie,
- sprawozdanie z badań powinno zawierać m.in.: nazwę i adres laboratorium oraz klienta, opis zastosowanej metody i obiektu badań, informacje dotyczące planu pobierania próbek, datę dostarczenia materiału i wykonania pomiaru, wyniki badań z jednostkami miar i niepewnością wyników, nazwisko i imię osoby autoryzującej.

Analiza (analityka) procesowa

Przedmiotem analizy procesowej są zmiany stężeń składników próbki w czasie.

Ma ona zastosowanie do:

- kontroli procesów przemysłowych,
- badania procesów zachodzących w środowisku naturalnym,
- badaniu procesów zachodzących w organizmach żywych,
- badaniu przebiegu reakcji i procesów chemicznych.

Tabela 4. Systemy analityki procesowej [22]

Nazwa	Charakterystyka	Zalety	Wady
OFF-LINE	Próbkę pobiera się zgodnie z obowiązującymi zasadami i po zabezpieczeniu jest ona transportowana do laboratorium celem przeprowadzenia analizy	Prosta realizacja, łatwa adaptacja, możliwość stosowania dowolnych metod analitycznych	Długi czas oczekiwania na wynik
AT – LINE	Przyrząd pomiarowy jest przenoszony na miejsce pobierania próbek. Próbka jest ręcznie wprowadzana do przyrządu	Prosta realizacja, szybsze niż w systemie off-line uzyskiwanie informacji	Konieczność stosowania najprostszycy metod analitycznych
ON-LINE	Przyrząd pomiarowy jest na stałe zainstalowany w smiejscu pobierania próbek. Próbka (przy zachowaniu odpowiedniego reżimu czasowego) jest pobierana automatycznie i wprowadzana do przyrządu. Informacja o składzie chemicznym roztworu technologicznego uzyskiwana jest za pomocą analizatorów automatycznych – najczęściej przepływowych. Cechy: – Zastosowanie analizatorów automatycznych, – zamknięta pętla sprzężenia zwrotnego.	Praca w czasie rzeczywistym	Wysokie koszty inwestycji (analizator), dodatkowa instalacja doprowadzająca próbkę do analizatora
IN-LINE	Czujnik przyrządu kontrolno – pomiarowego jest na stałe umieszczony w badanym medium. Informacja o składzie chemicznym roztworu technologicznego uzyskiwana jest za pomocą sensorów (czujników). Cechy: – zastosowanie sensorów (czujników), – zamknięta pętla sprzężenia zwrotnego.	Praca w czasie rzeczywistym, niewielkie nakłady finansowe	Brak dostępnych sensorów spełniających wymagania dla wszystkich analityów (badanych substancji)

Główne typy próbek środowiskowych oraz najbardziej charakterystyczne grupy analityów

Tabela 5. Typy próbek środowiskowych [19]

Zródło próbki (próbki gazowe)	Rodzaje analityów
<ul style="list-style-type: none"> – powietrze atmosferyczne (pomiar emisji), – próbki gazów z górnych warstw atmosfery, – powietrze wewnętrzne (pomieszczenia), – powietrze na stanowiskach pracy, – gazy spalinowe z silników pojazdów (ruchome źródła emisji), – gazy z instalacji przemysłowych i zamkniętych obiegów mediów technologicznych, – atmosfery specjalne (okręty podwodne, kapsuły ratunkowe), – gazy wydychane przez człowieka, – gazy z miejsc trudno dostępnych i niebezpiecznych. 	<ul style="list-style-type: none"> – gazowe składniki nieorganiczne, – gazy i pary związków organicznych, – bardzo lotne związki organiczne, – lotne związki organiczne, – średnio lotne związki organiczne, – aerozole i pyły: materia organiczna zawieszona, – substancje organiczne zaadsorbowane na powierzchni: aniony i kationy, dioksyny.
Zródło próbki (próbki ciekłe)	Rodzaje analityów
<ul style="list-style-type: none"> – woda wodociągowa (woda pitna), – woda energetyczna (kotłowa), – wody powierzchniowe, – wody głębinowe, – woda ze strefy nienasyconej, 	<ul style="list-style-type: none"> – gazy nieorganiczne rozpuszczone, – substancje organiczne rozpuszczone: <ul style="list-style-type: none"> o trihalometany, o lotne związki organiczne, o związki ropopochodne, o pestycydy,

<ul style="list-style-type: none"> – woda deszczowa, – woda morską, – ścieki przemysłowe, – ścieki niebezpieczne, – ścieki komunalne, – film powierzchniowy (rozlewy olejowe i zw. ropopochodnych). 	<ul style="list-style-type: none"> ○ związki metaloorganiczne, ○ dioksyny, – substancje nieorganiczne rozpuszczone: <ul style="list-style-type: none"> ○ substancje pożywkowe (nutrienty), – substancje zawieszona: <ul style="list-style-type: none"> ○ związki organiczne zaadsorbowane na powierzchni ciała stałego (zawiesiny), ○ kationy i aniony.
Źródło próbki (próbki stałe)	Rodzaje analitów
<ul style="list-style-type: none"> – śnieg i lód, – gleba, – osady ściekowe, osady denne, – pyły (z elektrofiltrów), – lotne pyły ze spalarni stałych odpadów, – materiał roślinny, – ściółka leśna, – odpady niebezpieczne, – odpady przemysłowe, – odpady komunalne, – popioły. 	<ul style="list-style-type: none"> – związki nieorganiczne: <ul style="list-style-type: none"> ○ aniony i kationy, – związki organiczne, – związki organiczne zaadsorbowane na powierzchni: <ul style="list-style-type: none"> ○ dioksyny, ○ związki ropopochodne, ○ związki metaloorganiczne, ○ pestycydy.

Analiza próbek

W analizie próbek w stałym stanie skupienia często wykorzystuje się analizę sitową. Polega ona na przesiewaniu rozdrobnionej próbki o różnej wielkości ziaren przez zestaw sit, w wyniku czego następuje rozdział materiału na ziarna pozostające na kolejnych sitach (o coraz mniejszych oczkach). Zestaw sit najczęściej składa się z 10 sit o wymiarach boku oczka kwadratowego: 0,063, 0,09, 0,125, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 3,15, 4,0 i 5,0 mm. Po zważeniu poszczególnych klas ziarnowych określa się, ile procent materiału pozostało na każdym sicie w stosunku do całości materiału.

Wyniki analizy sitowej przedstawia się w tabeli, w której dla określonych wielkości podaje się ich ilościowe reprezentacje jakimi są przepad lub pozostałość, wyrażone w procentach. Przepad (przesiew) stanowi frakcję ziaren o rozmiarach mniejszych od danego rozmiaru (wymiar oczek sita) lub równych temu rozmiarowi. Uzupełnieniem przepadu do 100% jest pozostałość. Pozostałość (odsiew) – to frakcja ziaren o wymiarach większych od oczek danego sita.

W celu podania składu ziarnowego oznaczoną w gramach frakcję pozostałości na każdym sicie przelicza się na procenty w stosunku do ilości próbki wziętej do analizy:

$$F_n = \frac{M_n}{M} \cdot 100\%$$

gdzie:

F_n – frakcja ziarnowa, %,

M_n – masa pozostałości (g) na sicie nr n ,

M – masa całej próbki wziętej do analizy (g),

n – numer kolejny sita w zestawie od największego do najmniejszego wymiaru oczka.

W celu określenia udziału ziaren o wymiarach większych niż wymiar oczek danego sita oblicza się sumę frakcji f_n według następującego wzoru:

$$f_n = F_1 + F_2 + \dots + F_n$$

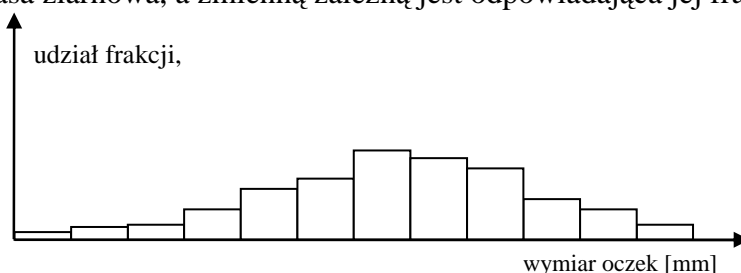
Wzór zapisu wyników analizy ziarnowej metodą analizy sitowej pokazano w tabeli 6.

Tabela 6. Wzór zapisu wyników analizy sitowej [opracowanie własne]

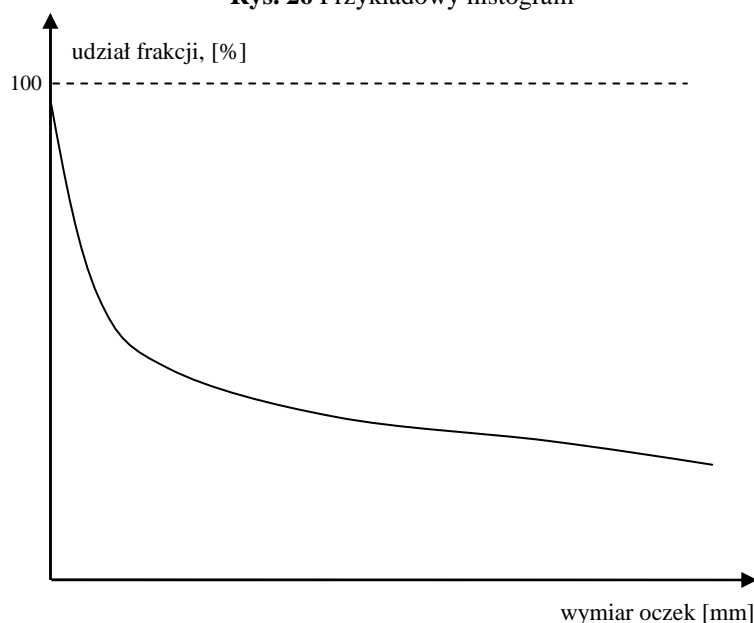
Numer kolejny sita n	Wymiar oczek sita	Masa pozostałości m_n	Klasa ziarnowa a od – do	Fracja F_n	Suma frakcji f_n
	mm	g	mm	%	%

W postaci graficznej wyniki analizy ziarnowej przedstawia się w formie krzywej składu ziarnowego (rys. 27) i histogramu. Krzywą składu ziarnowego otrzymuje się przez naniesienie i połączenie punktów o współrzędnych: wymiar oczek sita i odpowiadającą mu sumę frakcji w procentach (f_n). Krzywa składu ziarnowego obrazuje procentowy udział ziaren w badanym materiale o wymiarach większych niż wymiar oczek danego sita.

Natomiast histogram (rys. 26) przedstawia w formie słupków procentową zawartość ziaren o wielkościach mieszczących się w wybranych przedziałach klasowych. Zmienną niezależną jest klasa ziarnowa, a zmienną zależną jest odpowiadająca jej frakcja (F_n).



Rys. 26 Przykładowy histogram



Rys. 27. Przykładowy wykres krzywej składu ziarnowego [3, s. 148]

Dodatkowo można zbadać gęstość nasypową. Jest to masa jednostki objętości luźno usypanego materiału uziarnionego (np. węgla lub koksu); dla węgla wynosi – w zależności od stopnia uwęglenia, uziarnienia, zanieczyszczenia, wilgoci – od 700 do 2300 kg/m³.

Analiza paliw ciekłych w zakresie analizy jakościowej benzyn dotyczy:

- Przezroczystości.
Benzyna o dobrej wartości użytkowej powinna być przezroczysta i nie powinna zawierać wody, zawiesin ani osadów. Jeżeli jest mętna, należy przeprowadzić próbę na obecność wody, używając wyprażonego CuSO_4 . Gdy barwa zmieni się z białej na niebieską, paliwo zawiera wodę.
- Zanieczyszczeń mechanicznych.
Jeżeli na sączku będą widoczne zanieczyszczenia (po naniesieniu badanej próbki na sączek i odparowaniu), benzyna może być używana dopiero po ich usunięciu.
- Zawartości żywic.
Pozostałość po spaleniu zostawia ślad w postaci pierścienia. Benzyny o małej zawartości żywic zostawiają jeden, jasny pierścień. Przy większej pierścień jest żółty lub brązowy, zwiększa się również średnica pierścienia. Mierząc średnicę zewnętrzną pierścienia można odczytać z tabeli 7 zawartość żywic.

Tabela 7. Zawartość żywic w zależności od średnicy powstającego pierścienia [3, s. 173]

Zawartość żywic $\text{mg}/100 \text{ cm}^3$		5	10	15	20	25	30
próbka $0,5 \text{ cm}^3$	średnica [mm]	6–7	8–9	10–11	11–12	12–13	14–15
próbka $1,0 \text{ cm}^3$		9–10	12–13	14–15	16–17	17–18	19–21

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz systemy zarządzania?
2. Co rozumiesz pod pojęciem normy?
3. Jakie znasz rodzaje norm?
4. Jakie znasz rodzaje próbek?
5. Jak pobiera się próbki stałe?
6. Jak pobiera się próbki ciekłe?
7. Jak pobiera się próbki gazowe?
8. Co oznacza pojęcie analiza procesowa?
9. Jakie są systemy analizy procesowej i czym się charakteryzują?
10. Co to jest analiza sitowa?
11. Co oznaczają pojęcia: przesiew, odsiew, krzywa składu ziarnowego, gęstość nasypowa?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj analizy sitowej węgla zgodnie z podaną instrukcją. Wyniki umieść w tabeli. Narysuj wykresy krzywej składu ziarnowego i histogram. Oblicz gęstość nasypową. Sformułuj wnioski z ćwiczenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) postępować zgodnie z instrukcją do ćwiczenia,
- 2) narysować odpowiednie wykresy,
- 3) dokonać obliczeń,

- 4) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier milimetrowy (ewentualnie stanowisko komputerowe z drukarką),
- zestaw sit,
- wytrząsarka,
- waga o dokładności 0,01 g,
- naczynia wagowe,
- suszarka laboratoryjna,
- zestaw materiałów do analizy,
- zestaw cylindrów pomiarowych,
- instrukcja do ćwiczenia.

Instrukcja do ćwiczenia 1

- Sproszkowaną próbkę materiału przeznaczonego do analizy sitowej wysusz w parownicze porcelanowej w suszarce o temperaturze 105–110°C do stałej masy.
- Odważ z niej 25–100 g z dokładnością do 0,01 g.
- Odważoną próbkę umieść na górnym sicie przygotowanego wcześniej (oczyszczonego i wysuszonego) zestawu sit.
- Następnie zestaw sit wstrząsaj ręcznie lub na wstrząsarce elektrycznej. Wstrząsanie prowadzi się do chwili, gdy po rozłączeniu sit przy potrząsaniu ich nad błyszczącym papierem stwierdzi się, że przechodzenie ziaren przez sita ustało lub wtedy, gdy ilość materiału przepadającego przez najdrobniejsze sito w zestawie spada poniżej pewnej określonej wartości np. 0,02% całej naważki.
- Wówczas przy pomocy miękkiego pędzelka pozostałości na sitach przenieś do zważonych uprzednio naczyń ustawionych na błyszczącym papierze.
- Pozostałości na poszczególnych sitach zważ się z dokładnością do 0,01 g.
- Oblicz zawartość poszczególnych frakcji.
- Analizę powtórz dwukrotnie dla tej samej próbki (połączonych frakcji).

Ćwiczenie 2

Wykonaj jakościową analizę próbki ciekłego paliwa np. benzyny. Zbadaj przezroczystość, zanieczyszczenia mechaniczne i zawartość żywicy zgodnie z instrukcją oraz sformułuj wnioski z ćwiczenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem nauczania jednostki modułowej,
- 2) zbadać przezroczystość badanej próbki,
- 3) określić zanieczyszczenia badanej próbki:
- 4) oznaczyć zawartość żywicy badanej próbki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- cylinder,
- szkiełko zegarkowe,
- bezwodny CuSO₄,
- instrukcja do ćwiczenia.

Instrukcja do ćwiczenia 2

Badanie przezroczystości

Włać próbkę do suchego, szklanego cylindra i obserwować w świetle przechodzącym. Jeżeli jest mętna, przeprowadzić próbę na obecność wody.

Badanie zanieczyszczeń mechanicznych

Na bibułę filtracyjną nanieść kroplę badanego paliwa i odparować.

Badanie zawartości żywic:

Na szkiełku zegarkowym spalić 1 cm³ benzyny. Zmierzyć średnicę powstałego pierścienia. Na podstawie tabeli 7 z poradnika dla ucznia określić zawartość żywic.

4.4.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) posłużyć się normą?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować systemy zarządzania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować pobieranie próbek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować systemy analizy procesowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wykonać analizy próbek surowców, materiałów pomocniczych, półproduktów i produktów przemysłu nieorganicznego i organicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) ocenić jakość surowców, materiałów pomocniczych, półproduktów i produktów przemysłu nieorganicznego i organicznego na podstawie analizy próbek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Zadania wymagają stosunkowo prostych obliczeń, które powinieneś wykonać przed wskazaniem poprawnego wyniku.
7. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
8. Jeśli udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
9. Na rozwiązanie testu masz 45 minut.

Powodzenia!

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Węglan sodu Na_2CO_3 można otrzymać z solanki NaCl na drodze elektrolizy lub metodą Solvaya. O tym, jakie surowce oraz przemiany chemiczne i fizyczne należy wybrać, aby otrzymać żądany produkt, decyduje
 - a) technologiczna koncepcja procesu technologicznego.
 - b) biologiczna koncepcja procesu technologicznego.
 - c) fizyczna koncepcja procesu technologicznego.
 - d) chemiczna koncepcja procesu technologicznego.
2. Destylacja, ekstrakcja, absorpcja, sulfonowanie, nitrowanie są to
 - a) parametry technologiczne.
 - b) procesy podstawowe.
 - c) nazwy reakcji chemicznych.
 - d) procesy elektrochemiczne.
3. Zasada najlepszego wykorzystania różnic potencjałów polega na jak najlepszym wykorzystaniu siły napędowej, gwarantującej szybki przebieg procesu. Zasadę tę opisuje wzór:

$$V_p = k * \frac{Si}{Op}$$

V_p – szybkość procesu (np. szybkość reakcji chemicznej, wymiany ciepła, dyfuzji),

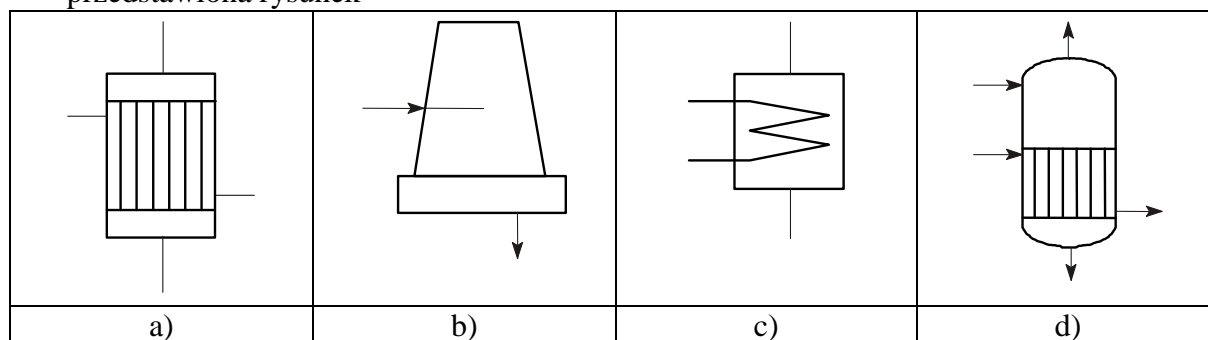
k – współczynnik proporcjonalności,

Si – siła napędowa (np. różnica stężeń substancji, różnica temperatur, różnica potencjałów elektrycznych, różnica ciśnień),

Op – opór (np. dyfuzyjny, termiczny, tarcia).

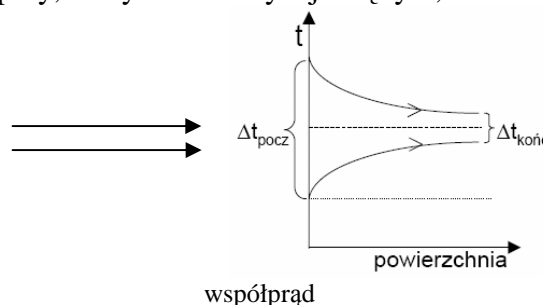
Z powyższych informacji wynika, że szybkość procesu

- rośnie wraz ze wzrostem siły napędowej i zmniejszaniem oporu.
 - maleje wraz ze wzrostem siły napędowej i zmniejszaniem oporu.
 - pozostaje bez zmian wraz ze wzrostem siły napędowej i zmniejszaniem oporu.
 - rośnie wraz ze wzrostem oporu i zmniejszaniem siły napędowej.
4. Jedną z zasad najlepszego wykorzystania energii jest wielokrotne wykorzystanie ciepła. Klasycznym tego przykładem są wyparki wielodziałowe, w których kolejny dział (aparat wyparny) ogrzewa się oparami wychodzącymi z aparatu poprzedniego. Wyparkę przedstawiona rysunek



5. Rysunek przedstawia graficznie współprąd cieplny, który charakteryzuje się tym, że

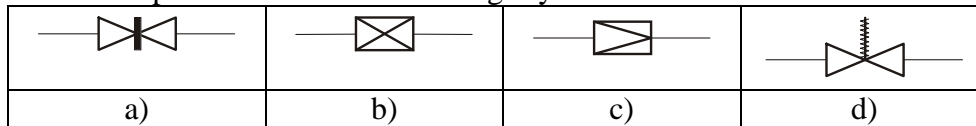
- możemy szybko ochłodzić płyn ogrzewający.
- kierunki przepływających strumieni są przeciwne.
- różnica temperatur (początkowa i końcowa) jest praktycznie stała.
- temperatura płynu podgrzewanego u wylotu może być znacznie wyższa od temperatury płynu ogrzewającego.



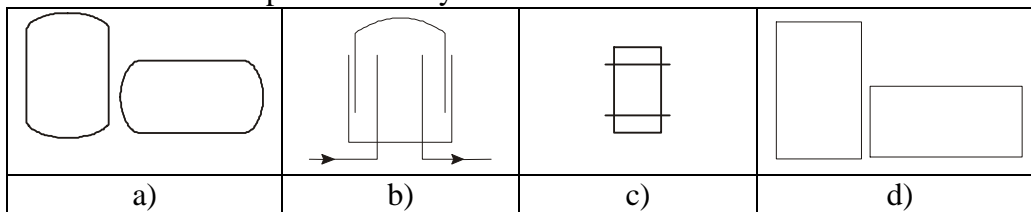
6. Wydajność względna (sprawność) podaje się w następujących jednostkach

- $[m^3/kg]$.
 - $[t/m^3]$.
 - $[kg/h]$.
 - liczba niemianowana.
7. Szybkość objętościowa to
- stosunek ilości produktu otrzymanego m_P do ilości produktu, którą można otrzymać teoretycznie, maksymalnie z tej samej ilości surowca m_{Pmax} .
 - stosunek ilości produktu m_P do ilości surowca m_S zużytego do wytworzenia tej ilości produktu.
 - objętość gazu, która w ciągu jednostki czasu przepływa przez jednostkową objętość warstwy kontaktu (warstwa katalizatora).
 - ilość pożądanego produktu, która powstała do ilości substratu, która przereagowała w tym samym czasie w złożonej przemianie chemicznej.

8. Prowadzenie procesu technologicznego w sposób okresowy charakteryzuje się
- brakiem przerw w produkcji.
 - przygotowaniem aparatury, załadunkiem surowców.
 - mniejszą wielkością aparatury i budynków produkcyjnych.
 - łatwiejszą mechanizacją czynności.
9. Na rurociągach zamontowana jest armatura odcinająca i regulacyjna. Bardzo ważną rolę pełni zawór bezpieczeństwa. Przedstawia go rysunek



10. Zbiorniki ciśnieniowe przedstawia rysunek



11. Przemysł chemiczny przyczynianie się m.in. do powstawania „kwaśnych deszczy” poprzez wydzielanie do atmosfery
- pyłów.
 - metanu.
 - tlenku węgla.
 - tlenków siarki i azotu.
12. W przemyśle chemicznym najczęściej wykorzystuje się energię:
- cieplną.
 - elektryczną.
 - jądrową.
 - fotchemiczną.

13. Poniższy rysunek oznacza substancję

- toksyczną.
- łatwopalną.
- drażniącą.
- niebezpieczną dla środowiska.



14. Poniższy rysunek oznacza substancję

- promieniotwórczą.
- wybuchową.
- żrącą.
- zakaźną.



15. Na etykiecie opakowania zawierającego toluen znajdują się symbole: F, Xn. Oznacza to, że toluen jest substancją
- szkodliwą i łatwopalną.
 - łatwopalną i toksyczną.
 - żrącą i toksyczną.
 - żrącą i łatwopalną.
16. Zapis PN-67/C-04500 oznacza
- branżową normę.
 - chemiczną normę.
 - technologiczną normę.
 - Polską Normę.
17. System analityki procesowej IN-LINE charakteryzuje się tym, że
- przyrząd pomiarowy jest na stałe zainstalowany w miejscu pobierania próbek; próbka (przy zachowaniu odpowiedniego reżimu czasowego) jest pobierana automatycznie i wprowadzana do przyrządu.
 - przyrząd pomiarowy jest przenoszony na miejsce pobierania próbki; próbka jest ręcznie wprowadzana do przyrządu.
 - czujnik przyrządu kontrolno-pomiarowego jest na stałe umieszczony w badanym medium; informacja o składzie chemicznym roztworu technologicznego uzyskiwana jest za pomocą sensorów.
 - próbkę pobiera się zgodnie z obowiązującymi zasadami i po zabezpieczeniu jest ona transportowana do laboratorium celem przeprowadzenia analizy.
18. System Zarządzania Jakością oznacza się jako
- ISO 9000:2000.
 - ISO 14001:2004.
 - OHSAS 18000.
 - OHSAS 28000.
19. Pozostałość po spaleniu benzyny zostawia ślad w postaci pierścienia. Benzyny o małej zawartości żywic zostawiają jeden, jasny pierścień. Przy większej pierścień jest żółty lub brązowy, zwiększa się również średnica pierścienia. Po spaleniu $0,5 \text{ cm}^3$ benzyny, powstał pierścień o średnicy 1 cm co oznacza, że zawartość żywicy wyniosła

Zawartość żywic $\text{mg}/100 \text{ cm}^3$		5	10	15	20	25	30
próbka $0,5 \text{ cm}^3$	średnica [mm]	6–7	8–9	10–11	11–12	12–13	14–15
próbka $1,0 \text{ cm}^3$		9–10	12–13	14–15	16–17	17–18	19–21

- $5 \text{ mg}/100 \text{ cm}^3$.
- $10 \text{ mg}/100 \text{ cm}^3$.
- $15 \text{ mg}/100 \text{ cm}^3$.
- $20 \text{ mg}/100 \text{ cm}^3$.

W tym celu przeanalizuj dane z powyższej tabeli.

20. Zasady technologiczne należy stosować we wzajemnym powiązaniu gdyż coś, co jest korzystne z jednego punktu widzenia może być niekorzystne z drugiego. O tym mówi zasada
- a) najlepszego wykorzystania aparatury.
 - b) najlepszego wykorzystania energii.
 - c) najlepszego wykorzystania surowców.
 - d) umiaru technologicznego.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Stosowanie zasad prowadzenia procesów produkcyjnych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Drewniak A.: Raport Środowiskowy 2005. Polska Izba Przemysłu Chemicznego. 2006
2. Głodek W.: Automatyka zabezpieczeniowa w przemyśle procesowym – przegląd unormowań. 2003
3. Klepaczko-Filipiak B., Łoin J.: Pracownia chemiczna. Analiza Techniczna. WSiP, Warszawa
4. Lipińska-Łuczyn E.: Wielkotonażowe Chemikalia Organiczne. 2005
5. Markowski A.: Zapobieganie awariom w zakładach chemicznych. Atest 07/2003
6. Michalik J.: Zapobieganie poważnym awariom przemysłowym. 1994
7. <http://www.pip.gov.pl/html/pl/doc/07040053.pdf>
8. Molenda J.: Technologia chemiczna WSiP, Warszawa 1993
9. Nawrat G.: Przemysł chloro-alkaliczny. 2005
10. Pikoń J.: Aparatura chemiczna. PWN Warszawa 1978
11. Norma branżowa BN-72/2200-01
12. Polska norma PN-67/C-04500

Adresy internetowe:

1. http://www.pg.gda.pl/chem/CEEAM/Dokumenty/CEEAM_ksiazka_polska/spis_tresci.htm
2. <http://www.isowpraktyce.pl>
3. <http://www.ciop.pl>
4. http://pl.wikipedia.org/wiki/Katastrofa_w_Bhopalu
5. <http://www.pwsk.pl/>
6. <http://www.mg.gov.pl/Przedsiębiorcy/REACH/>
7. <http://www.carlroth.pl>
8. <http://eko.ch.pw.edu.pl/>