



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Chemiczny

LABORATORIUM PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH

PROJEKTOWANIE PROCESÓW BIOTECHNOLOGICZNYCH

INNE ELEMENTY

PROJEKTU PROCESOWEGO

Jerzy Wisiański

POMIARY I AUTOMATYKA

Proces technologiczny charakteryzowany przez pewną liczbę wielkości fizykochemicznych decydujących o jakościowym i ilościowym wyniku końcowym.

Funkcje:

- Pomiar parametru (miejscowy, zdalny),
- Regulacja (utrzymywanie na poziomie optymalnym)
- Wizualizacja, monitorowanie procesu
- Alarmowanie o nieprawidłowościach
- Rejestracja, raportowanie (np. *batch report*)

RODZAJE REGULACJI

Ręczne sterowanie procesem (np. ręczne ustawianie położenia zaworu doprowadzającego parę do płaszcza reaktora – b. kłopotliwe)

Sterowanie manualne zdalne – położenie zaworu ustawiane przez siłownik sterowany zdalnym sygnałem przez operatora (np. pokrętło)

Układ automatycznej regulacji – samoczynne utrzymywanie wielkości zadanej przez operatora (pętla regulacji)

ELEMENTY PĘTLI REGULACJI

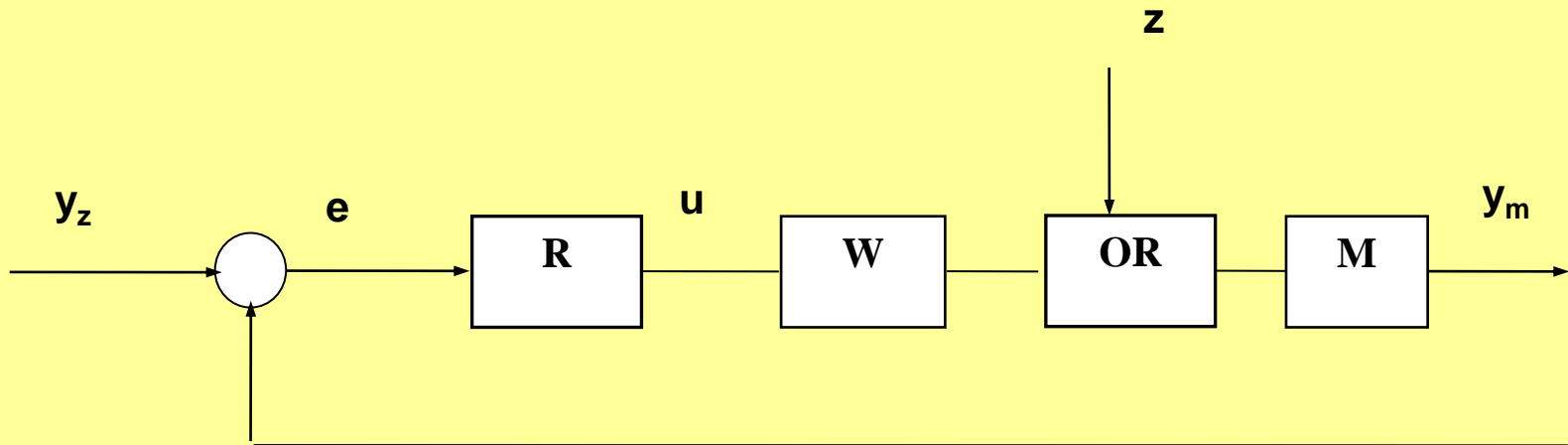
OBIEKT REGULACJI - proces o sterowanym przebiegu, zachodzący w określonym aparacie lub jego części

ELEMENT POMIAROWY (miernik), mierzący kontrolowany parametr fizykochemiczny (np. termometr, manometr, przepływomierz, itp.)

REGULATOR urządzenie reagujące na odchylenia parametru od tzw. wartości zadanej i wysyłające sygnały sterujące elementem wykonawczym

ELEMENT WYKONAWCZY z siłownikiem (będzie nim np. wymieniony wcześniej zawór parowy).

PĘTLA REGULACJI



R - regulator,

W - element wykonawczy,

OR - obiekt regulacji,

z - zakłócenie procesu

M - przyrząd pomiarowy (miernik),


y_z - wartość zadana,

y_m - wartość mierzona,

u - sygnał sterujący,

e - odchylenie wartości zadanej (uchyb),

$$e = y_z - y_m$$

 - węzeł sumacyjny (algebraiczne sumowanie sygnałów)

Dodatkowe techniczne elementy: przetworniki, wzmacniacze, trasy sygnałowe, itp..

TECHNOLOG - AUTOMATYK

➤ **OBIEKT REGULACJI, KONCEPCJA PROWADZENIA PROCESU**

➤ **PARAMETRY PROCESOWE** (lista, zakresy, wymagania)

➤ **STOPIEŃ AUTOMATYZACJI**

(sterowanie ręczne, zdalne, sekwencyjne, procesy ciągłe)

➤ **STEROWNIA** , lokalizacja elementów PiA

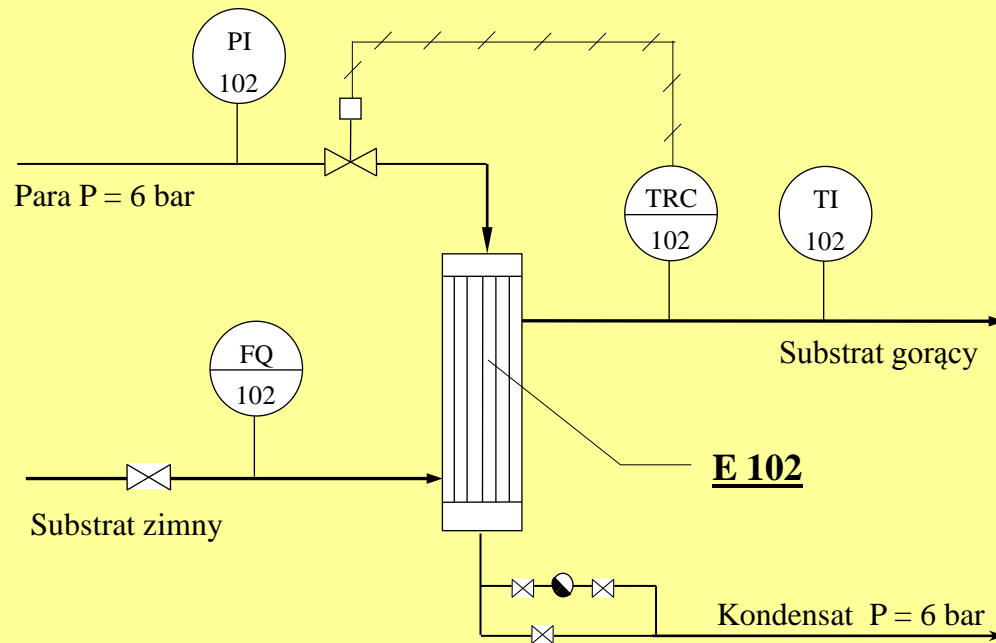
➤ **SCHEMAT TECHNOLOGICZNY** →

→ **SCHEMAT TECHNOLOGICZNO-POMIAROWY**

➤ **PUNKTY POMIARÓW I AUTOMATYKI (PiA)**,

➤ **SYMBOLE** (zagregowane funkcje pomiarowo-sterujące)

UKŁADY PiA NA SCHEMACIE TECHNOLOGICZNYM



E 102 - numer technologiczny
wymiennika ciepła,

PI 102 - manometr (P) z odczytem (I)
lokalnym (brak kreski poziomej)

TI 102 - termometr (T) z odczytem (I)
miejscowym (brak kreski poziomej)

FQ-102 - przepływomierz (F) ze zliczaniem ilości (Q)
i zdalnym przekazaniem sygnału pomiarowego (kreska
pozioma),

TRC-102 - układ pomiaru temperatury (T) z jej
zdalną rejestracją (R) i automatyczną regulacją (C)

SPECYFIKACJA PARAMETRÓW PROCESU dla PiA

- **Rodzaj mierzonej wielkości** oraz **nazwę strumienia** (medium);
- **Wartość nominalną**, tzn. przyjętą w obliczeniach dla warunków ustalonych;
- **Granice zmienności** występujące w praktyce i dopuszczalne odchylenia;
- Wymaganą **dokładność pomiaru** i czynniki na nią wpływające (np. zmienna temperatura przy pomiarze gęstości cieczy);
- Wymagany **zakres pomiarowy przyrządu** (z uwzględnieniem sytuacji nietypowych i awaryjnych);
- **Właściwości środowiska** technologicznego (korozyjne, palne i wybuchowe, stan skupienia) wpływające często na wybór metody pomiarowej oraz rozwiązania konstrukcyjne przyrządu pomiarowego;
- Proponowaną **metodę pomiarową**;
- **Miejsce wbudowania czujnika** i warunki wpływające na jego lokalizację;
- **Sposób wykorzystania pomiaru**, np. odczyt miejscowy, odczyt zdalny i rejestracja, sygnalizacja alarmowa, sterowanie ręczne, automatyczne przełączanie (dwustanowe) czy też automatyczna regulacja parametru ze wskazaniem elementów wykonawczych.

SKUTKI WYBORU ROZWIĄZAŃ PiA

Rozwiązania dotyczące układów PiA i stopnia automatyzacji mają wpływ na:

- **Poziom zatrudnienia** (i związane z tym koszty)
- **Nakłady inwestycyjne** (wysokie **koszty** budowy i wdrożenia systemu).
- **Stabilna jakość produktu** (wynikająca ze stabilności parametrów procesu)
- **Optymalne zużycie surowców** (koszty);
- **Optymalne zużycie czynników energetycznych** (koszty)
- **Możliwość dokumentowania przebiegu procesu** (*batch report*) istotne przy wymaganiach **GMP** czy też standardów **ISO 9000**
- **Stopień ryzyka procesowego** (konieczność precyzyjnego zdefiniowania wymagań w trakcie projektowania)
- **Stopień pewności ruchowej** (awarie systemów sterowania)
- **Bezpieczeństwo produkcji** (alarmy wyprzedzające sytuacje niebezpieczne)

ZATRUDNIENIE

- Liczba osób bezpośrednio obsługi
- Uwzględnienie zmian i podmian.
- Pośrednio produkcyjni i nadzór

ODPADY

Odpady stałe i ciekłe (niewodne)

Charakterystyka, właściwości, wskaźnikowe ilości, przewidywany sposób utylizacji.

Ścieki technologiczne

Charakterystyka (np. ChZT i BZT), wskaźnikowe ilości, proponowane metody oczyszczania.

Zanieczyszczenia atmosfery (odgazy)

Główne emitory (źródła zanieczyszczeń), substancje emitowane, wskaźnikowe ilości, proponowane metody oczyszczania.

KONTROLA ANALITYCZNA PROCESU

Zestawienie analiz kontrolnych (w odniesieniu do):

produktu,

surowców,

analiz międzyoperacyjnych (np. półproduktu).

Powinny być podane następujące informacje:

- miejsce poboru próbki;
- rodzaj stosowanej metody analitycznej;
- dopuszczalny wynik (zawartość, wielkość fiz.-chem.) z odchyleniami;
- orientacyjny czas trwania analizy (pracochłonność);
- wymagana częstość analiz (np. co każdą szarżę).

Szczególnie istotne są analizy produktu końcowego - wiąże się to z **wymaganiami technicznymi** określonymi przez **normy** czy odbiorcę .

KA obejmuje również pomiary właściwości fizykochem. (np. t.t. , gęstość, pH)

Przepisy metod analitycznych.

W przypadku analiz typowych wystarczy zamieszczenie kopii odpowiednich norm czy wyciągów literaturowych.

Często przepisy metod analitycznych podaje się w formie odrębnego załącznika.

KOROZJA I DOBÓR MATERIAŁÓW

Laboratorium – aparatura szklana **Skala przemysłowa** → Dobór tworzyw konstrukcyjnych

Kryteria doboru materiałów konstrukcyjnych: - **odporność na media procesowe**; **właściwości mechaniczne** (wytrzymałość, możliwość obróbki); **właściwości termiczne** (odporność na temperaturę szoki termiczne, przewodnictwo cieplne); **koszty**.

TWORZYWA METALICZNE: bardzo korzystne właściwości mechaniczne i termiczne.

Odporność chemiczna ograniczona, szczególnie **STAL** zwykła

- **Rodzaje stali:** stale węglowe, o właściwościach decyduje zawartość węgla. Szczególny przypadek: żeliwo – duża zawartość węgla, trudne do obróbki mechanicznej, stosowany głównie w formie odlewów.
- Stopy żelaza z chromem, niklem, molibdenem i tytanem, znane pod nazwą **stali kwasoodpornych**. Szereg gatunków tych stali o różnej odporności korozyjnej.
- Odporne na większość kwasów nieorganicznych i organicznych.
- Stopy niklu, chromu i molibdenu, znane pod nazwą handlową **Hastelloy**, wykazują dostateczną odporność również na działanie kwasu solnego.
- **Inne tworzywa metaliczne** stosowane do budowy aparatury chemicznej to: aluminium, brąz, mosiądz, tytan, ołów, tantal.

KOROZJA I DOBÓR MATERIAŁÓW

Szybkość korozji - szybkość ubytku materiału w [mm/rok]

Klasyfikacja odporności korozyjnej materiałów:

- całkowicie odporny do 0,001 mm/rok,
- bardzo odporny 0,001 – 0,01 mm/rok,
- odporny 0,01 – 0,1 mm/rok,
- o zmniejszonej odporności 0,1 – 1,0 mm/rok,
- mało odporny i nieodporny powyżej 1 mm/rok.

Wpływ **stężenia substancji**,

Silna zależności szybkości korozji od **temperatury**.

KOROZJA I DOBÓR MATERIAŁÓW

TWORZYWA NIEMETALICZNE nieorganiczne i organiczne wykazują. Korozja tworzyw niemetalicznych ma inny charakter niż metali.

Odporność chemiczna często bardzo dobra. Wytrzymałość mechaniczna, przewodnictwo cieplne, dopuszczalna temperatura stosowania – bardzo niskie.

Dlatego stosuje się wewnętrzne **wykładanie** czy **powlekanie** aparatury stalowej tworzywami niemetalicznymi.

Popularny przykład - **aparatura emaliowana** stosowana często w przemyśle. **Inne:** kwarc, szkło i porcelana, kamionka, impregnowany grafit (karit), wykładziny ceramiczne w formie płytek.

KOROZJA I DOBÓR MATERIAŁÓW

TWORZYWA NIEMETALICZNE ORGANICZNE stosowane do budowy aparatury chemicznej to np: guma (w formie wykładziny), drewno (historycznie), oraz przede wszystkim **tworzywa sztuczne**: polietylen, polipropylen, polichlorek winylu, poliamidy, żywice epoksydowe i poliestrowe (stosowane głównie w formie laminatów). Na szczególną uwagę zasługuje politetrafluoroetylen (teflon) o doskonałej odporności na niemal wszystkie chemikalia (przy dość wysokiej dopuszczalnej temperaturze), lecz posiadający słabe właściwości mechaniczne (np. jest trudny w łączeniu).

Właściwy dobór materiałów konstrukcyjnych jest bardzo ważny, od tego bowiem zależy **niezawodność pracy instalacji technicznej, czystość wytwarzanego produktu, bezpieczeństwo pracy oraz ekonomika procesu**. W szczególnych przypadkach, rozwiązanie problemu tworzyw konstrukcyjnych jest równoznaczne z możliwością przemysłowej realizacji procesu technologicznego.

RODZAJE KOROZJI

Korozja równomierna – cała powierzchnia metalu ulega destrukcji z prawie jednakową szybkością.

Korozja wżerowa – w poszczególnych, niedużych miejscach powierzchni metalu, rozwijając się znacznie w głąb i prowadząc do powstawania zagłębień (wżerów)

Korozja punktowa – jest podobna do korozji wżerowej z tą różnicą, że średnica powierzchni zaatakowanej jest bardzo mała, a zniszczenie może dochodzić do znacznej głębokości, powodując często przebicie warstwy metalu.

Korozja międzykrystaliczna – naruszenie spójności struktury metalu, naruszona zostaje przyczepność ziaren metalu do siebie. Zaczyna występować zjawisko kruchości metalu lub tworzenia się tzw. szczelin międzykrystalicznych.

Korozja selektywna – występuje wtedy, gdy usunięciu ulega jeden ze składników stopu, np. (cynk z miedzią).

Korozja wodorowa, spowodowana przez dyfundujący wodór, kruchość wodorowa

Korozja kontaktowa wywołana stykaniem się metali o różnym potencjale elektrodowym w środowisku korozyjnym.

ZAGADNIENIA BHP I P-POŻ

❑ Charakterystyka toksykologiczna.



- Opis szkodliwych substancji i ich działania na organizm
- Klasyfikacja toksykologiczna: toksyczność ostra (trucizny), żrące, drażniące, uczulające, mutagenne, rakotwórcze. Dopuszczalne stężenia (NDS-y)

❑ Właściwości palne i wybuchowe

- **Temperatura zapłonu** Najniższa temperatura, przy której ciecz tworzy nad swoją powierzchnią mieszaninę par z powietrzem zdolną zapalić się od bodźca energetycznego (płomień, iskra). **Podstawa klasyfikacji pożarowej:**

klasa I	poniżej 21°C
klasa II,	21°C do 55°C
klasa III	55°C do 100°C



- **Temperatura samozapalenia** 6 klas od T1 > 450°C do T6: 85 - 100°C
Najniższa temperatura, przy której następuje zapalenie się powierzchni bez udziału zewnętrznego płomienia lub iskry. **Powierzchnie silników, grzejników**


ZAGADNIENIA BHP I P-POŻ

- Stężeniowe granice wybuchowości (dolna i górna),
W tych granicach stężeń możliwy zapłon (wybuch) od czynnika zewnętrznego
- Klasa wybuchowości : zdolność do przeniesienia wybuchu przez zdefiniowaną szczelinę oraz zdolność wywołania wybuchu przy określonym natężeniu prądu.
- Temperatura tlenia: Najniższa temperatura gorącej powierzchni na której osiadły pył ulegnie zapaleniu
- Gęstość par w stosunku do powietrza → wentylacja,
- Ciepło spalania → obciążenie ogniowe budynków
- Inne właściwości, np. elektryczność statyczna, kontakt z wodą,
- wskazania i przeciwwskazania dotyczące środków gaśniczych

KARTY WŁAŚCIWOŚCI NIEBEZPIECZNYCH (MSDS).



ZAGADNIENIA BHP I P-POŻ

- ❖ Zestawienie właściwości podstawą dalszych formalnych klasyfikacji:
Kategorie zagrożenia pożarem → konstrukcje budynków
Strefy zagrożenia wybuchem (normy ATEX) → konstrukcje budynków, urządzenia elektryczne
- ❖ Zagrożenia w czasie magazynowania i transportu 
Międzynarodowe normy i symbole (piktogramy) dotyczące wymagań transportowych: ADR (transport drogowy), RID (transport kolejowy), IATA (transport lotniczy).
- ❖ **Zagrożenia w procesie technologicznym i środki bezpieczeństwa.**

CZYNNIKI ENERGETYCZNE

W projekcie procesowym: zestawienia zużycia oraz wymagane parametry czynników energetycznych i pomocniczych niezbędnych dla realizacji procesu technologicznego w skali przemysłowej.

Zestawienia te powstają jako wynik wykonanych wcześniej bilansów masowych i cieplnych oraz dodatkowych obliczeń.

Powinny być określone wymagane parametry fizyczne czynników (ciśnienie, temperatura), ich dopuszczalne wahania i ewentualne warunki dotyczące jakości .

Graficzny obraz wszystkich czynników wchodzących i wychodzących z zaznaczeniem doprowadzeń i odprowadzeń do/z poszczególnych aparatów znajduje się na schemacie technologicznym. Zaznaczony podział na czynniki

wchodzące i wychodzące

Czynniki wchodzące

- Para wodna (w rozbiciu na stosowane ciśnienia, nasycona);
 - Woda gorąca do celów ogrzewania technologicznego;
 - Inne czynniki grzewcze (np. olej obiegowy);
 - Paliwa (gaz ziemny, olej opałowy, węgiel);
 - Woda chłodnicza obiegowa;
 - Woda przemysłowa (bezzwrotna);
 - Woda demineralizowana;
 - Czynniki chłodnicze (solanka, glikol, woda zimna);
 - Sprężone powietrze techniczne (ciśnienie);
 - Sprężone powietrze dla zasilania AKP (osuszone i bezolejowe);
 - Sprężony azot (ciśnienie, jakość);
 - Inne gazy techniczne (ciśnienie, jakość).
- Odbiorniki energii elektrycznej są: pokazywane na schemacie technologicznym poprzez symbole napędów oraz wyszczególnione w specyfikacji aparatów i urządzeń.

Czynniki wychodzące, np:

- Kondensat parowy (w rozbiściu na ciśnienia);
- Woda gorąca powrotna;
- Woda chłodnicza powrotna;
- Czynniki chłodnicze – powrót;

Tabelaryczne bilanse wszystkich czynników energetycznych i pomocniczych dla poszczególnych aparatów jak i całej instalacji, np:

- zapotrzebowanie szczytowe (np. w kg/h) → przekroje rurociągów, zawory
- zużycie średnie (np. w kg/h, kg/szarżę) → bilans zużycia, zawory regulacyjne
- czas poboru (h/dobę) → bilans
- zużycie dobowe = (b) x (c) [kg/dobę średnio] → bilans zużycia

W bilansach czynników energetycznych dla całej instalacji uwzględnić:

- **Harmonogramy pracy aparatów i urządzeń.**

Dla dużej liczby drobnych, często powtarzających się poborów należy określić tzw. współczynnik jednoczesności poboru, obliczony lub przyjęty przez analogie z podobnymi instalacjami przemysłowymi.

Duże lub inne pobory, które mogą wystąpić bardzo rzadko, (rozruch instalacji, awarie, woda p-poż).

Bilanse będą służyć:

- Jako założenia dla projektów instalacji energetycznych i pomocniczych w dalszych fazach projektowania
- Dla obliczeń ekonomicznych (nakładów inwestycyjnych oraz kosztów ruchowych).

BRANŻE PROJEKTOWE

1. TECHNOLOGICZNA
2. POMIARY I AUTOMATYKA
3. MECHANICZNA

4. ARCHITEKTONICZNO – BUDOWLANA

PODZIAŁ PROJEKTU NA OBIEKTY

Plan zagospodarowania terenu, Projekty budynków
Obiekty usługowe (laboratorium, warsztat, magazyny, oczyszczalnia ścieków, składowisko odpadów itp.)

5. WENTYLACJA (ogólna, awaryjna), C.O , KLIMATYZACJA
6. INSTALACYJNE (gospodarka cieplna, spręż powietrze, azot, zimno, wod-kan. Instalacje wewnętrzne Sieci zewnętrzne
7. ELEKTROENERGETYCZNA
8. TELETECHNICZNA
9. SIECI TECHNOLOGICZNE ZEWNĘTRZNE (ESTAKADY)

10. EKONOMICZNO - KOSZTOWA

ZAGADNIENIA APARATUROWO-MONTAŻOWE (BRANŻA MECHANICZNA)

- Specyfikacje aparatów i urządzeń technologicznych.
- Oszacowanie armatury , materiałów i orurowania
(w proj. technicznym – specyfikacje szczegółowe, schemat montażowy)
- Rysunki założeniowe podstawowych aparatów technologicznych.
- Koncepcja lokalizacji i przestrzennego rozmieszczenia aparatury (w proj. techn. rys. montażowe)
- Przebieg rurociągów technologicznych
(projekt techniczny - rysunki aksonometryczne)

INSTALACJA OKSYMÓW



LITERATURA

- ❖ *Projektowanie procesów technologicznych – Od laboratorium do instalacji przemysłowej*, red. L. Synoradzki, J. Wisiański, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2006,
 - rozdział. 8: *Elementy projektu procesowego*,
 - rozdział. 12: *Dojrzałość technologii do wdrożenia przemysłowego*.
- ❖ *Projektowanie procesów technologicznych – Bezpieczeństwo procesów chemicznych*, red. L. Synoradzki, J. Wisiański, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2012.