

311[31]-01-122**Zadanie egzaminacyjne**

W zakładzie petrochemicznym PETRO planowana jest produkcja metanolu metodą Lurgi, w procesie średniociśnieniowym, zgodnie z warunkami określonymi w opisie procesu technologicznego (załącznik 1). Przewidywane dobowe zużycie gazu syntezowego wynosi 500 m^3 na dobę, a wydajność procesu 95%. Gęstość surowego metanolu wynosi 791 kg/m^3 .

Opracuj projekt realizacji prac związanych z syntezą surowego metanolu w zakładzie petrochemicznym PETRO.

Projekt realizacji prac powinien zawierać:

1. Tytuł pracy.
2. Założenia, czyli dane niezbędne do opracowania projektu wynikające z treści zadania oraz załącznika 1.
3. Schemat blokowy procesu produkcji surowego metanolu.
4. Obliczenia związane z syntezą surowego metanolu w ciągu godziny z uwzględnieniem:
 - a. obliczenia masy metanolu wytworzonego w warunkach normalnych przy wydajności 100%.
 - b. obliczenia masy metanolu wytworzonego w warunkach pracy reaktora przy wydajności 100%.
 - c. obliczenia masy metanolu wytworzonego w warunkach pracy reaktora przy wydajności 95%.
 - d. obliczenia objętości surowego metanolu wytworzonego w warunkach pracy reaktora przy wydajności 95%.

Obliczenia wykonuj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

5. Dobór stali stopowej na instalację do produkcji metanolu wraz z uzasadnieniem oraz sprężarki gazów oddzielanych w separatorze i pompy do tłoczenia surowego metanolu.
6. Wykaz punktów kontroli parametrów procesowych uwzględniający wartości tych parametrów.
7. Dobór przyrządów kontrolno – pomiarowych z uwzględnieniem:
 - a. manometru do pomiaru ciśnienia gazu syntezowego dostarczonego do reaktora
 - b. termometru do ciągłego pomiaru temperatury w reaktorze.
 - c. cieczowskazów do pomiaru poziomu cieczy podczas magazynowania metanolu i wody kotłowej.
8. Wykaz kolejnych czynności jakie należy wykonać w przypadku niewielkiego wycieku metanolu przy zaworze odprowadzającym metanol z separatora.

Do opracowania projektu realizacji prac wykorzystaj:

Załącznik 1. Skrócony opis procesu technologicznego produkcji metanolu

Załącznik 2. Równanie Clapeyrona

Załącznik 3. Wyciąg z „Leksykonu materiałoznawstwa”

Załącznik 4. Dane techniczne wybranych sprężarek i pomp

Załącznik 5. Charakterystyka urządzeń kontrolno-pomiarowych

Załącznik 6. Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej metanol

Załącznik 7. Układ okresowy pierwiastków

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Załącznik 1.

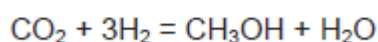
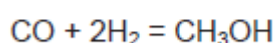
Skrócony opis procesu technologicznego produkcji metanolu

Produkcja metanolu średniociśnieniową metodą Lurgi przebiega w trzech etapach.

Pierwszy etap polega na otrzymaniu gazu syntezowego, z gazu ziemnego w reakcji konwersji metanu z parą wodną. Otrzymany w ten sposób gaz, ze względu na zbyt duży stosunek objętościowy wodoru do tlenku węgla (II) i tlenku węgla (IV), wymaga korekty składu. Modyfikacja ta polega na wprowadzeniu tlenku węgla (IV), w takiej ilości, aby gaz syntezowy do produkcji metanolu zawierał (w % obj.):

H₂ – 69, CO – 18, CO₂ – 10, CH₄ – 3.

Drugim etapem jest otrzymywanie surowego metanolu z gazu syntezowego. Podstawą syntezy metanolu są egzotermiczne i odwracalne reakcje redukcji tlenku węgla (II) i tlenku węgla (IV) z wodorem, które zachodzą w fazie gazowej w reaktorach rurowych:



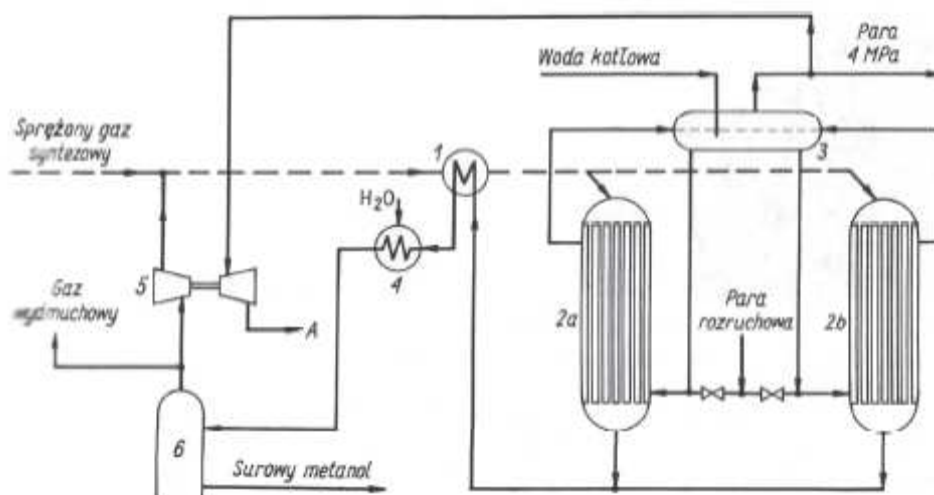
Etap trzeci polega na oczyszczeniu surowego metanolu, który zawiera 4% zanieczyszczeń związkami organicznymi.

Przebieg i parametry procesu syntezy surowego metanolu

Sprężony gaz syntezowy o ciśnieniu 4-6 MPa, jest ogrzewany do temperatury 260 °C w wymienniku ciepła (ciepłem gazów poreakcyjnych) i następnie wprowadzany do reaktorów rurowych. Gaz syntezowy przepływa przez katalizator umieszczony w rurkach ulegając reakcji. Ciepło reakcji jest odbierane przeponowo przez wodę wrzącą w przestrzeni międzyrurowej odgrywającej rolę kotła parowego

współpracującego z wysokociśnieniowym zbiornikiem pary i kondensatu. Poziom wody w tym zbiorniku, ciśnienie odbieranej pary - 4 MPa i temperatura – 250 °C są regulowane automatycznie. Proces syntezy metanolu w reaktorze przebiega w temperaturze 260 °C, pod ciśnieniem 5 MPa. Otrzymywany surowy metanol jest wstępnie chłodzony w wymienniku ciepła do temperatury 120+130 °C, a następnie w chłodnicy wodnej do temperatury 25 °C i wprowadzany do separatora, w którym następuje oddzielenie surowego metanolu od gazu. Surowy metanol otrzymywany w ilości ok. 300 dm³ w ciągu 1 godziny, jest tłoczony pompą pod ciśnieniem atmosferycznym do zbiorników magazynowania, a następnie do instalacji oczyszczania. Gaz z separatora jest sprężany do 4 MPa, a następnie kierowany do węzła gazu syntezowego. Wytworzona w instalacji para wykorzystywana jest do napędu sprężarek gazu recyrkulującego, a następnie jako nośnik ciepła w kolumnach oczyszczania surowego metanolu.

Uproszczony schemat syntezy metanolu



1 – wymiennik ciepła, 2a i 2b – reaktory rurowe, 3 – zbiornik para – kondensat,
4 – chłodnica, 5 – sprężarka gazu recyrkulowanego napędzana turbiną parową,
6 – separator surowego metanolu, A – para do ogrzewania kolumn w węźle
oczyszczania surowego metanolu.

Załącznik 2.

Równanie Clapeyrona

Równanie Clapeyrona

$$p * V = n * R * T$$

p – ciśnienie

V – objętość

n – liczba moli gazu

T – temperatura bezwzględna

R – uniwersalna stała gazowa, $R = 8,31 \left[\frac{\text{Pa} * \text{m}^3}{\text{mol} * \text{K}} \right]$

Załącznik 3.

Wyciąg z „Leksykonu materiałoznawstwa”

Nazwa i symbol stali	Nr normy	Skład chemiczny Stężenie masowe, %	Zastosowanie
Stal stopowa ogólnego przeznaczenia St3S	PN –EN 10025	C-max 0,22; Mn-max 1,10; Si-0,1-0,35; P-max 0,05; S-max 0,05; Cr-max 0,3; Ni-max 0,3; N-max 0,01; Cu-max 0,3; As-max 0,08	Nośne elementy konstrukcji spawanych, wykonanych z blach i profili.
Stal konstrukcyjna stopowa trudno rdzewiejąca 10 HNAP	PN – EN 10088	C-max 0,12; Mn-max 0,9; Si-0,25-0,6; P- max 0,1; S-max 0,04; Cr-max 1,0; Ni-max 0,6; Cu-max 0,5; Al.-min 0,02	Na konstrukcje spawane i zgrzewane z blach, prętów i kształtowników, narażone na działanie korozji atmosferycznej.
Stal stopowa o podwyższonej wytrzymałości 18G2A	PN – EN 10155	C-max 0,2; Mn-max 1,0-1,5; Si-0,2-0,55; P-max 0,04; S-max 0,04; Cr-max 0,3; Ni-max 0,3; Cu-max 0,3; As-max 0,08	Na konstrukcje spawane i zgrzewane z blach, prętów i kształtowników, zwłaszcza pracujących w obniżonych temperaturach.
Stal stopowa odporna na korozję X1CrNiMoN25-22-2	PN – EN 10088	C-max 0,02; Mn-max 2,0; Si-max 0,7; P - max 0,025; S-max 0,01; Cr-24,0-26,0; Ni-21,0-23,0; N-0,1-0,16; Mo-2,0-2,5	Urządzenia pracujące w mieszaninie gazów zawierających wodór i tlenek węgla (II).
Stal stopowa odporna na korozję X2CrMoTi17-1	PN – EN 10088	C-max 0,025; Mn-max 1,10; Si-max 1,0; P - max 0,04; S - max 0,015; Cr-16,0-18,0; N - max 0,015; Mo -1,0-1,5; Ti - 0,3-0,6	Urządzenia pracujące w atmosferze pary wodnej, roztworów soli, benzyny i innych paliw, rozcieńczonych, zimnych kwasów organicznych.

Załącznik 4.

Dane techniczne wybranych sprężarek i pomp

A. Dane techniczne sprężarek

Nazwa urządzenia	Symbol	Wydajność, m ³ /min
Sprężarka tłokowa olejowa	GD38–200–475	350 + 475
Sprężarka tłokowa olejowa	GD28–50–255	150 + 255
Sprężarka śrubowa	ESD 75–132	1,4 + 29
Sprężarka śrubowa	EX 5–11	0,20 + 1,76

B. Dane techniczne pomp

Nazwa urządzenia	Typ	Wydajność m ³ /h	Temperatura pompowanej cieczy °C	Ciśnienie robocze MPa
Pompa kwasoodporna	NHV	10 + 625	-15 + 20	0 + 1
Pompa wirowa pozioma	KAN	0,1 + 10	0 + 150	0 + 1
Pompa wirowa jednostopniowa	KCG	12 + 48	0 + 110	10

Załącznik 5.

Charakterystyka urządzeń kontrolno – pomiarowych

A. Dane techniczne cieczowskazów

Rodzaje cieczowskazów	Symbol	Zakres pomiarowy MPa	Zakres temperatury pracy, °C
Cieczowskaz rurkowy	D-63110	2,0 + 6,0	100 + 300
Cieczowskaz magnetyczny	MX -142/25	0 + 1,0	0 + 100
Cieczowskaz rurkowy z głowicami	DR-2109	2,5 + 4,0	150 + 200

B. Dane techniczne wybranych manometrów

Rodzaj manometru	Zakres pomiarowy MPa	Zakres temperatury °C
Manometr sprężynowy – rurka Bourdona miedziana	6,0 + 8,0	do 110
Manometr sprężynowy – rurka Bourdona stalowa	2,0 + 8,0	do 500
Manometr przeponowy – przepona stalowa	2,0 + 4,0	do 1000
Manometr przeponowy – przepona gumowa	0,005 + 0,008	do 300

C. Dane techniczne wybranych termometrów

Rodzaj termometru	Typ	Zakres pomiarowy °C	Ciśnienie robocze MPa
Termometr manometryczny zwykły	TGF-160	0 + 200	0,6
Termometr manometryczny zwykły	TGZ-160	0 + 60	4,0
Termometr manometryczny zwykły	TGK-160	0 + 150	4,0
Termometr manometryczny zwykły	TGR-160	0 + 300	4,0 + 6,0

Załącznik 6.

Wyciąg z Karty charakterystyki substancji niebezpiecznej – metanol

	KARTA CHARAKTERYSTYKI NIEBEZPIECZNEJ SUBSTANCJI	Data utworzenia: 04/08/01 Data aktualizacji: 05/12/07
Nazwa:	METANOL	

1. IDENTYFIKACJA SUBSTANCJI CHEMICZNEJ

Nazwa produktu: Metanol

Wzór chemiczny: CH₃OH**2. IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ**

Substancja wysoce łatwo palna, toksyczna. Działa toksycznie na drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.

3. POSTĘPOWANIE W PRZYPADU POŻARU

Odpowiednie środki gaśnicze: proszki gaśnicze, dwutlenek węgla, piana odporna na alkohol, woda – prądy rozproszone. Nie stosować zwartych strumieni wody na powierzchnię palącej się cieczy.

Środki ochrony indywidualnej dla strażaków: stosować gazoszczelną odzież ochronną i indywidualny aparat do oddychania.

4. POSTĘPOWANIE W PRZYPADKU NIEZAMIERZONEGO UWOLNIENIA DO ŚRODOWISKA

Uwaga: obszar zagrożony wybuchem. Usunąć źródła zapłonu (ugasić otwarty ogień, ogłosić zakaz palenia i używania narzędzi iskrzących); pary rozcieńczać prądami wodnymi rozproszonymi. Nie dopuścić do przedostania się produktu do ścieków i wód; zabezpieczyć kratki i studzienki ściekowe; unikać bezpośredniego kontaktu z uwalniającą się substancją; jeśli to możliwe, zlikwidować wyciek (zamknąć dopływ cieczy, uszczelnić, uszkodzone opakowanie umieścić w szczelnym opakowaniu ochronnym); w razie dużego wycieku miejsce gromadzenia się cieczy obwałować, zebraną ciecz odpompować; małe ilości rozlanej cieczy przysypać niepalnym materiałem chłonnym, zebrać do zamykanego pojemnika, zanieczyszczoną powierzchnię splukać wodą.

POSTĘPOWANIE Z SUBSTANCJĄ I JEJ MAGAZYNOWANIE

Obchodzenie się z substancją:

Zapewnić skuteczną wymianę powietrza (wentylacja). Postępować zgodnie z zasadami dobrej praktyki przemysłowej oraz ogólnymi zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy z substancjami chemicznymi. Podczas stosowania nie jeść, nie pić, nie palić tytoniu, unikać kontaktu z cieczą, unikać wdychania par, przestrzegać zasad higieny osobistej, stosować środki ochrony indywidualnej, pracować w dobrze wentylowanych pomieszczeniach; nie używać iskrzących narzędzi; unikać działania na substancję otwartego ognia.

Magazynowanie: Przechowywać we właściwie oznakowanych, szczelnie zamkniętych opakowaniach, w chłodnym, suchym, dobrze wentylowanym pomieszczeniu magazynowym, wyposażonym w instalację elektryczną i wentylacyjną w wykonaniu przeciwwybuchowym, z wykładziną podłogową elektroprzewodzącą. Przechowywać z dala od źródeł ciepła i zapłonu.

KONTROLA NARAŻENIA I ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ

Stosować odpowiednią wentylację wywiewną, miejscową i ogólną zapewniającą utrzymanie stężenia produktu w powietrzu poniżej określonych limitów (minimum 10 – krotna wymiana powietrza na godzinę). Zaleca się wyposażenie miejsca pracy w wodny natrysk do płukania oczu oraz prysznic. Środki ochrony indywidualnej powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby wykluczały zagrożenie i inne niedogodności w przewidywanych warunkach użytkowania, chroniące przed chemikaliami.

Środki ochrony indywidualnej:

ochrona dróg oddechowych: konieczna - maska lub półmaska skompletowana z pochłaniaczem specjalnym typu AX

ochrona oczu: konieczna – okulary ochronne typu gogle

ochrona rąk: konieczna – rękawice ochronne chroniące przed chemikaliami (znak CE)

ochrona ciała: konieczna – ubranie ochronne

środki ochronne i higieny: zmienić zanieczyszczone ubranie. Wymyć ręce i twarz po pracy z tą substancją. Stosować krem ochronno - barierowy do skóry.

Załącznik 7.

Układ okresowy pierwiastków

18																																																																																																									
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																																																																							
¹ H Wodór 1,01	⁴ He Hel 4,00	³ Li Lit 6,94	⁶ Be Beryl 9,01	¹¹ Na Sód 22,99	¹² Mg Magnez 24,31	¹⁹ K Potas 39,10	²⁰ Ca Wapń 40,08	²¹ Sc Skand 44,96	²² Ti Tytan 47,88	²³ V Wanad 50,94	²⁴ Cr Chrom 52,00	²⁵ Mn Mangan 54,94	²⁶ Fe Żelazo 55,85	²⁷ Co Kobalt 58,93	²⁸ Ni Nikiel 58,69	²⁹ Cu Miedź 63,55	³⁰ Zn Cynk 65,39	³¹ Ga Gal 69,72	³² Ge German 72,61	³³ As Arsen 74,92	³⁴ Se Selen 78,96	³⁵ Br Brom 79,90	³⁶ Kr Krypton 83,80	³⁷ Rb Rubid 85,47	³⁸ Sr Stront 87,62	³⁹ Y Itr 88,91	⁴⁰ Zr Cyrkon 91,22	⁴¹ Nb Niob 92,91	⁴² Mo Molibden 95,94	⁴³ Tc Technet 97,91	⁴⁴ Ru Ruten 101,07	⁴⁵ Rh Ród 102,91	⁴⁶ Pd Pallad 106,42	⁴⁷ Ag Srebro 107,87	⁴⁸ Cd Kadm 112,41	⁴⁹ In Ind 114,82	⁵⁰ Sn Cyna 118,71	⁵¹ Sb Antymon 121,76	⁵² Te Tellur 127,60	⁵³ I Jod 126,90	⁵⁴ Xe Ksenon 131,29	⁵⁵ Cs Cez 132,91	⁵⁶ Ba Bar 137,33	⁵⁷ La Lantan 138,91	⁵⁸ Ce Cez 137,33	⁵⁹ Pr Praseodym 140,91	⁶⁰ Nd Neodym 144,24	⁶¹ Pm Promet 144,91	⁶² Sm Samar 150,36	⁶³ Eu Europ 151,96	⁶⁴ Gd Gadolin 157,25	⁶⁵ Th Tor 158,93	⁶⁶ Dy Dysproz 162,50	⁶⁷ Hf Hafn 168,93	⁶⁸ Er Erb 167,26	⁶⁹ Tm Tal 168,93	⁷⁰ Yb Yterb 173,04	⁷¹ Lu Luter 174,97	⁷² Hf Hafn 178,49	⁷³ Ta Tantal 180,95	⁷⁴ W Wolfram 183,84	⁷⁵ Re Ren 186,21	⁷⁶ Os Osm 190,23	⁷⁷ Ir Iryd 192,22	⁷⁸ Pt Platyna 195,08	⁷⁹ Au Złoto 196,97	⁸⁰ Hg Rtęć 200,59	⁸¹ Tl Tal 204,38	⁸² Pb Ołów 207,20	⁸³ Bi Bizmut 208,98	⁸⁴ Po Polon 208,98	⁸⁵ At Astat 209,99	⁸⁶ Rn Radon 222,02	⁸⁷ Fr Francj 223,02	⁸⁸ Ra Rad 226,03	⁸⁹ Ac Aktyn 227,03	⁹⁰ Th Tor 232,04	⁹¹ Pa Protaktyn 231,04	⁹² U Uran 238,03	⁹³ Np Neptun 237,03	⁹⁴ Pu Pluton 244,06	⁹⁵ Am Amaryk 243,06	⁹⁶ Cm Kuri 247,07	⁹⁷ Bk Berkel 247,07	⁹⁸ Cf Kaliforn 251,08	⁹⁹ Es Einstein 252,09	¹⁰⁰ Fm Ferm 257,10	¹⁰¹ Md Mendelew 258,10	¹⁰² No Nobel 259,10	¹⁰³ Lr Lawrens 262,11	¹⁰⁴ Rf Rutherford 261,11	¹⁰⁵ Db Dubn 263,11	¹⁰⁶ Sg Seaborg 265,12	¹⁰⁷ Bh Bohr 264,10	¹⁰⁸ Hs Hae 269,10	¹⁰⁹ Mt Meitner 268,10	¹¹⁰ Ds Darmstadt 281,10	¹¹¹ Uu Uranu 280	¹¹² Uub Uuabi 285	¹¹³ Uut Uutu 284	¹¹⁴ Uuq Uuquiel 289	¹¹⁵ Uup Uuupent 288	¹¹⁶ Uuh Uuhubi 292	¹¹⁷ Uus Uussept 294	¹¹⁸ Uuo Uuiołt 294

Rozwiązanie zadania egzaminacyjnego w zawodzie technik technologii chemicznej polegało na opracowaniu, zgodnie z poleceniem zawartym w zadaniu, projektu realizacji prac związanych z procesem produkcji metanolu metodą Lurgi.

W pracy egzaminacyjnej podlegały ocenie następujące elementy:

- I. Tytuł pracy egzaminacyjnej
- II. Założenia
- III. Schemat blokowy produkcji surowego metanolu
- IV. Obliczenia związane z syntezą surowego metanolu w ciągu godziny
- V. Dobór stali stopowej na instalację do produkcji metanolu wraz z uzasadnieniem oraz sprężarki gazów oddzielanych w separatorze i pompy do tłoczenia surowego metanolu
- VI. Wykaz punktów kontroli parametrów procesowych i dobór przyrządów kontrolno- pomiarowych
- VII. Wykaz kolejnych czynności, jakie należy wykonać w przypadku niewielkiego wycieku metanolu przy zaworze odprowadzającym metanol z separatora
- VIII. Praca egzaminacyjna jako całość

Ad I. Tytuł pracy egzaminacyjnej

Większość zdających formułowała tytuł w sposób logiczny i zgodny z zawartością pracy egzaminacyjnej:

1. Projekt realizacji prac związanych z syntezą surowego metanolu a kalkulacji technologicznej PETRO metodą Lurgi

W niektórych pracach w tytule nie precyzowano rodzaju zastosowanej technologii: brak było nazwy technologii, albo określenia typu procesu (średniociśnieniowego). W takich przypadkach na ogół informacje o rodzaju technologii zawarte były w *Założeniach*.

Ad II. Założenia

Zdający na ogół dobrze radzili sobie z opracowaniem tego elementu pracy egzaminacyjnej. W większości prac dokonano analizy informacji zapisanych w treści zadania i załącznikach i na tej podstawie formułowano *Założenia* do projektu. Ważnymi danymi, opisującymi proces technologiczny, były:

- skład gazu syntezy,owego,
- dobowe zapotrzebowanie na gaz syntezy,owy,
- gęstość surowego metanolu,
- wydajność procesu w podana w %.

Zdający zapisywali również inne parametry procesowe, które wykorzystywali do obliczeń materiałowych:

- wydajność materiałową metanolu w $300 \text{ dm}^3/\text{godz.}$,
- zawartość zanieczyszczeń w surowym metanolu 4%.

Przykład poprawnie sformułowanych Założeń:

d. Założenia

- dostawca gazu posiada instalację o pojemności 500 m³ na dobę
- maksymalny poziom zużycia 85 g₀
- produkcja metanolu metodą Lurgi oraz w procesie ścieżki katalizacji
- gaz syntetyczny do produkcji metanolu ma zawartość azotu (w % obj.)
 $H_2 - 69\%$, $CO - 18\%$, $CO_2 - 10\%$ oraz $CH_4 - 3\%$
- uzyskanie frakcji metanolu zawierającej 1% wody i metanolu
 w postaci sprężonej
- ciśnienie kondensacji pary azotanowej pary i kondensatu
 wynosi 4 MPa, a temp. 250°C
- proces syntetyzacji metanolu w realizacji przebiega w temp. 260°C
 i pod ciśnieniem 5 MPa
- surowy metanol otrzymywany jest w ilości ok. 300 dm³/h
- gaz w separatorze musi być sprężony do 4 MPa

Ad III. Schemat blokowy procesu produkcji surowego metanolu

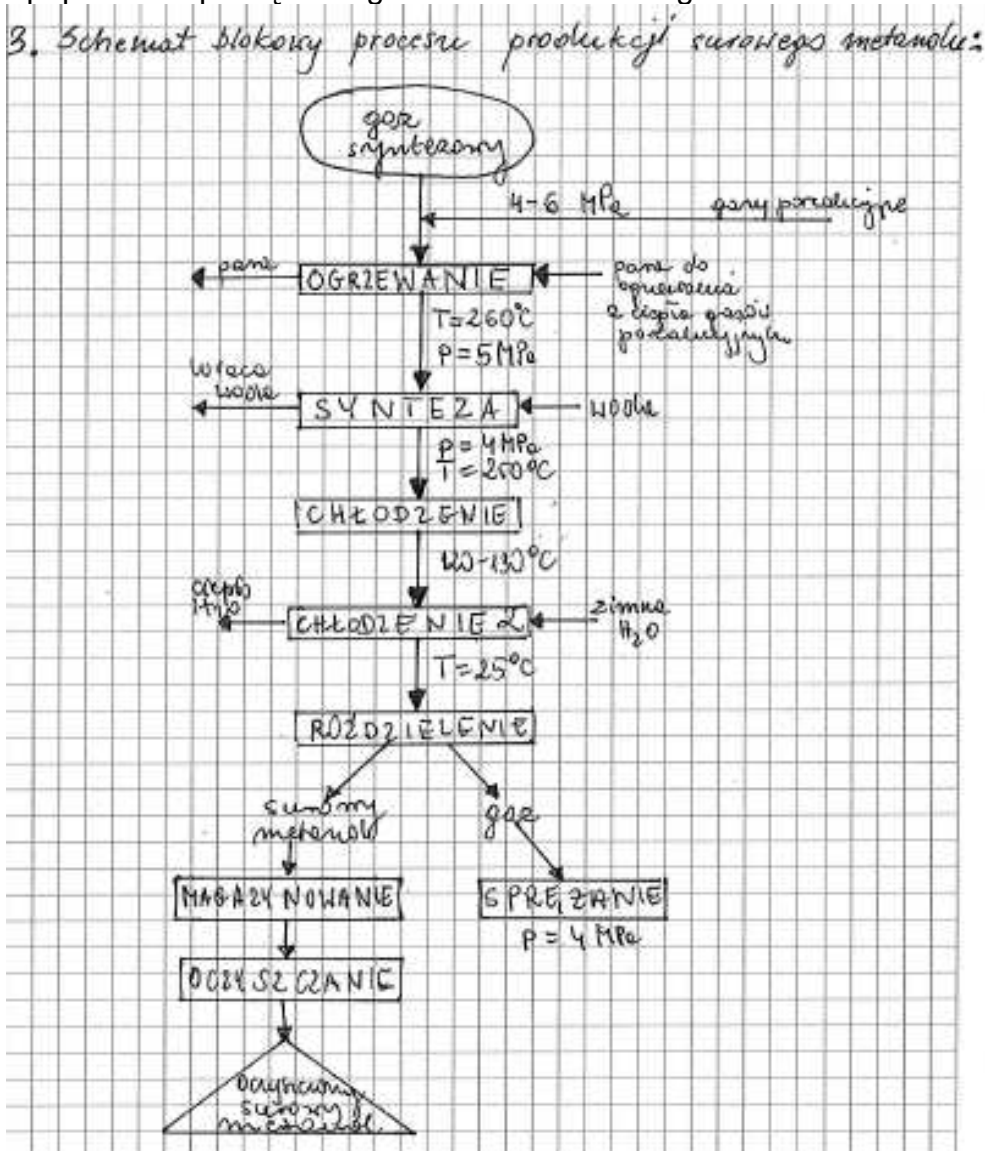
Rozwiązanie tego elementu zadania egzaminacyjnego okazało się dość trudne dla zdających. Zdający na ogół podejmowali się wykonania schematu blokowego, co wymagało przede wszystkim umiejętności interpretacji opisu procesu technologicznego oraz informacji zawartych na uproszczonym schemacie technologicznym.

Ocenie w tym elemencie pracy podlegały:

- zapisanie na schemacie właściwych operacji technologicznych,
- zapisanie na schemacie właściwych dla operacji technologicznych surowców, produktu głównego i ubocznego,
- kolejność procesów jednostkowych/operacji technologicznych zgodna z procesem technologicznym.

Na ogół stosowano zasady sporządzania schematów blokowych: nazwy procesów / operacji jednostkowych, surowców, produktów umieszczano w odpowiednio narysowanych elementach. Niektórzy zdający w poszczególne elementy schematu wpisywali nazwy urządzeń, albo opisywali procesy. Kolejność procesów jednostkowych / operacji technologicznych, zaznaczana kierunkiem strzałek, na ogół była prawidłowa. Część zdających nie uwzględniła produktu ubocznego – gazu wydmuchowego. Sporadycznie zdający uwzględniali na schemacie obieg wody i pary. Zdarzały się też prace, w których zdający przerysowywali schemat zamieszczony w treści załącznika 1.

Przykład poprawnie sporządzonego schematu blokowego:



Ad IV. Obliczenia związane z syntezą surowego metanolu w ciągu godziny z uwzględnieniem:

- obliczenia masy metanolu wytworzonego w warunkach normalnych przy wydajności 100%
- obliczenia masy metanolu wytworzonego w warunkach pracy reaktora przy wydajności 100%
- obliczenia masy metanolu wytworzonego w warunkach pracy reaktora przy wydajności 95%
- obliczenia objętości surowego metanolu wytworzonego w warunkach pracy reaktora przy wydajności 95%

W treści zadania i załącznikach zawarte były różne informacje, które mogły być wykorzystane do rozwiązywania kolejnych podpunktów tego elementu zadania. Kolejne podpunkty można było rozwiązywać w różny sposób, w zależności od tego, którą z informacji przyjęto jako bazową: zapotrzebowanie gazu syntezowego $500 \text{ m}^3/\text{dobę}$, czy wydajność surowego metanolu $300 \text{ dm}^3/\text{godzinę}$.

W związku z tym, że jest wiele alternatywnych rozwiązań poszczególnych elementów części III zadania egzaminacyjnego, ocenianie ich sprowadzono do oceny umiejętności:

- przekształcania wzorów matematycznych,
- właściwego podstawiania danych do wzoru Clapeyrona,
- właściwego przeliczania jednostek,
- logicznego toku rozumowania, w odniesieniu do kolejnych podpunktów.

Tak dobrane kryteria oceniania okazały się korzystne dla tych zdających, którzy podjęli się próby rozwiązania zadań obliczeniowych. W niektórych pracach błędnie obliczano masę molową metanolu, nie podawano też jej wymiaru. Część zdających nie uwzględniała również stechiometrii procesu.

Ad V. Dobór stali stopowej na instalację do produkcji metanolu wraz z uzasadnieniem oraz sprężarki gazów oddzielanych w separatorze i pompy do tłoczenia surowego metanolu

Ten element pracy egzaminacyjnej nie sprawił trudności zdającym. Zdecydowana większość dobrała właściwą stal stopową, uzasadniając poprawnie wybór. Jeden ze zdających dobrał dwa rodzaje stali: do budowy reaktora i elementów konstrukcyjnych instalacji, co należy uznać za najpełniejszą wypowiedź. Również dobór sprężarki i pompy nie stanowił dla zdających problemu.

Przykład poprawnie rozwiązanego tego elementu pracy egzaminacyjnej:

5. Dobór stali i urządzeń do produkcji metanolu:

- **Stal:** stal stopowa odporna na korozję X1CrNiMoN25-22-2 w normy PN-EN 10088, skład chemiczny stali
C-max 0,02; Mn-max 2,0; Si-max 0,7; P-max 0,025;
S-max 0,01; Cr-24,0-26,0; Ni-21,0-23,0; N-0,1-0,16;
Mo-2,0-2,5; zastosowanie: urządzenie pracujące w temperaturze gazów rozdzielanych w separatorze i pompie (II).
- **Sprężarka:** sprężarka tłokowa-olejowa GD 28-50-255 wydajność 150 + 255 m³/min
- **Pompa:** pompa wirnikowa pozioma, typ KAN, wydajność 0,1-10 m³/h temperatura pompowanej cieczy 0-150°C, ciśnienie robocze 0-1 MPa

Ad VI. Wykaz punktów kontroli parametrów procesowych i dobór przyrządów kontrolno-pomiarowych

a. wykaz punktów kontroli parametrów procesowych

Również ten element pracy egzaminacyjnej okazał się łatwy do rozwiązania przez zdających. Większość prac egzaminacyjnych zawierała poprawny (przykład poniżej)

wykaz urządzeń. Zdający na ogół sporządzali wykaz w formie tabelarycznej. Punkty kontroli parametrów przeważnie określone były w sposób mało precyzyjny – np. *sprężarka*, a nie *wylot ze sprężarki*. Najczęściej popełniany błąd w tej części rozwiązań dotyczył określenia punktu kontroli ciśnienia sprężania gazu recykulowanego – wskazywano *separator*, zamiast *sprężarkę*.

Poniższy przykład przedstawia pełne opracowanie:

6. Wykaz punktów kontroli parametrów procesowych:

MIEJSCE POMIARU	PARAMETR	WARTOŚĆ PARAMETRÓW
wylot sprężarki	ciśnienie	4-6 MPa
wymianik ciepła	temperatura	260 °C
obrotowe pary i kondensat	ciśnienie temperatura	4 MPa 250 °C
reaktor	temperatura ciśnienie	260 °C 5 MPa
wymianik ciepła	temperatura	120-130 °C
obrotowe pary	temperatura	250 °C
sprężarka	ciśnienie	4 MPa

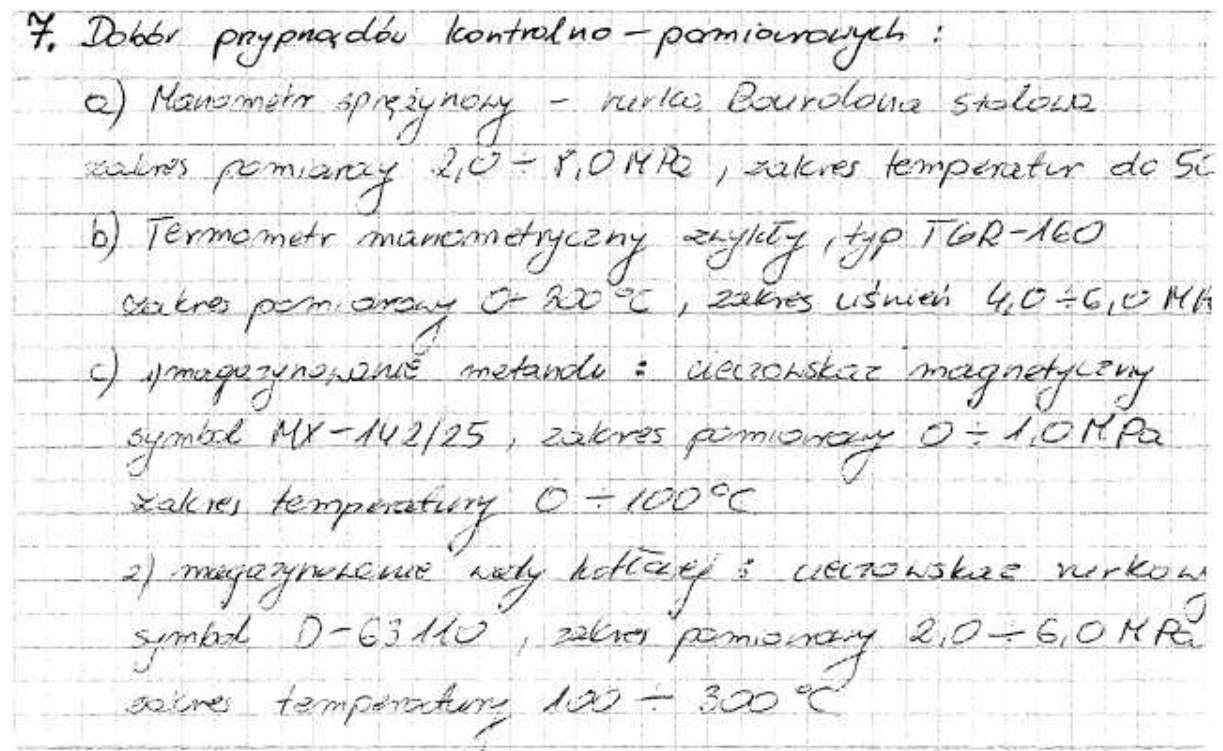
b. dobór przyrządów kontrolno-pomiarowych

W tej części pracy egzaminacyjnej od zdających oczekiwano, że dobraćą, korzystając z załącznika 5: manometr do pomiaru ciśnienia gazu syntezowego dostarczonego do reaktora, termometr do ciągłego pomiaru temperatury w reaktorze, cieczowskazy do pomiaru poziomu cieczy podczas magazynowania metanolu i wody kotłowej.

Wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych rzadko był opracowany w sposób bezbłędny. W zdecydowanej większości zdający dobrze dobrali manometr do pomiaru ciśnienia gazu syntezowego, kierowanego do reaktora oraz termometr do ciągłego pomiaru temperatury w reaktorze.

Zdarzały się przypadki, że podawano informacje niepełne, np. *termometr manometryczny* bez podania jego typu. Bardzo duża część zdających nie zauważyła, że należy dobrać dwa cieczowskazy – do pomiaru poziomu metanolu i do pomiaru poziomu cieczy kotłowej.

Przykład poprawnie opracowanego doboru:



Ad VII. Wykaz postępowania w przypadku awarii – wycieku niewielkich ilości metanolu

Ten element zadania okazał się łatwy dla zdających. Zdający w formie listy czynności określali tok postępowania. Spora grupa zdających nie uwzględniła zastosowania środków ochrony indywidualnej, zapewne z tego powodu, że informacja o konieczności stosowania tych środków przy kontakcie z metanolem zawarta była w innej części załącznika 6 z zakresu bhp.

Nieliczni zdający opracowali tok postępowania do przypadku awarii polegającej na wycieku dużej ilości metanolu.

Przykład wyczerpująco opracowanego tego elementu pracy egzaminacyjnej

8. Wykaz czynności jakie należy wykonać w przypadku niewielkiego wycieku metanolu przy zawracie odprowadzającym metanol z separatora:

- 1) Ocenić sytuację, rodzaj i substancję wycieku.
- 2) Założyć ubranie ochronne, okulary ochronne typu gogle, rękawice ochronne chroniące przed chemiczalniami, maskę lub półmaska skompletowaną z pakietem filtrów typu AX
- 3) Zlikwidować wyciek poprzez zmniejszenie dopływu cieczy i uszczelnienie nieszczelnego.
- 4) Należy usunąć źródło zapłonu gdyż obszar wycieku jest zagrożony wybuchem
- 5) Przy substancji rozprószonej pracować w odległości rozproszonymi
- 6) Nie dopuścić do przedostania się produktu do świata i wdd, zabezpieczyć kratki światłowe
- 7) Kwaśną ilość rozlanej cieczy przysypać niepalnym materiałem chłonnym np. proszkiem.
- 8) Materiał zebrać do zamkniętego pojemnika
- 9) Zamieszczoną powierzchnię spryskać wodą.
- 10) Pojemnik z zamieszczonym materiałem oddać do utylizacji.
- 11) Po pracy z substancją zmieścić zamieszczony ubranie, wyprać ręce i twarz oraz stosować na skórę krem ochronno-barierowy dla skóry.

Ad VIII. Praca egzaminacyjna jako całość

Na ogół prace egzaminacyjne były przejrzyste i czytelne. Zdający opracowując projekt wyodrębniali rozdziały, poprawnie je tytułując. Sporadycznie zdarzały się opracowania, w których układ treści był nielogiczny lub zdający w ogóle nie wyodrębnili poszczególnych elementów rozwiązania.

W projektach zdający stosowali na ogół poprawną terminologię. Błędem o charakterze terminologicznym było np. stosowanie nazwy *katalizacja* w odniesieniu do procesu *syntezy*. Stosunkowo często pojawiały się sformułowania nieprecyzyjne. Rzadko zdarzały się błędne opracowania poszczególnych elementów projektu wynikające z braku wiedzy. Częściej błędy te wynikały z niewłaściwej analizy i interpretacji danych zawartych w zadaniu.