

CIECZE DO PRZENOSZENIA CIEPŁA



15.1 Olejowe nośniki ciepła

Do przenoszenia ciepła, ze źródła ciepła do odbiornika, są stosowane ciekłe lub gazowe nośniki ciepła. Ogólny podział nośników ciepła przedstawiono w tabeli 15.1. Specyficzną grupę nośników ciepła stanowią olejowe nośniki ciepła. Są to węglowodorowe ciecze organiczne lub estry kwasów organicznych i niektóre inne ciekłe, organiczne związki chemiczne, charakteryzujące się określonymi właściwościami eksploatacyjnymi i fizykochemicznymi.

Jako olejowe nośniki ciepła są stosowane:

- głęboko rafinowane oleje mineralne z dodatkiem inhibitorów,
- syntetyczne węglowodory typu polialfaolefin (PAO),
- aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory bez bocznych łańcuchów alkilowych,
- niektóre typy estrów alkoholi wielowodorotlenowych i kwasów karboksylowych,
- etery polifenylowe,
- estry krzemianowe,
- borany alkilowe,
- silikony.

Ciecze stosowane jako nośniki ciepła powinny charakteryzować się następującymi właściwościami eksploatacyjnymi:

- bardzo dobrą zdolnością do przenoszenia ciepła, tj. możliwie dużym ciepłem właściwym i dużym współczynnikiem przewodności cieplnej,
- dobrą stabilnością termiczną i termooksydacyjną,
- kompatybilnością z materiałami konstrukcyjnymi, stosowanymi w instalacjach grzewczych,
- brakiem skłonności do wydzielania substancji gazowych podczas pracy,
- brakiem skłonności do wydzielania i odkładania osadów na ściankach układu,
- brakiem toksyczności,

- odpowiednią lepkością w zakresie temperatur pracy,
- temperaturą płynięcia, dostosowaną do warunków na jakie może być narażony układ,
- w przypadkach zastosowań w przemyśle jądrowym, odpornością na promieniowanie jądrowe.

Oleje mineralne, stosowane jako bazy olejowych nośników ciepła muszą być głęboko rafinowane, w celu usunięcia działających korozyjnie, aktywnych związków siarki i innych chemicznie niestabilnych składników. Najczęściej zawierają one inhibitory utlenienia, inhibitory korozji, a w niektórych przypadkach dodatki dyspergujące. Temperatura rozkładu termicznego olejów mineralnych, w zależności od metody rafinacji oraz charakteru chemicznego, wynosi około 320°C.

Syntetyczne węglowodory typu poli-alfa-olefin (PAO) charakteryzują się dobrą odpornością termiczną i termooksydacyjną, niską temperaturą płynięcia oraz wysokim wskaźnikiem lepkości. Temperatura ich rozkładu termicznego, w zależności od budowy chemicznej, waha się w granicach 330...380°C.

Aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory charakteryzują się bardzo dobrą odpornością termiczną, lepszą od olejów mineralnych. Temperatura ich rozkładu termicznego, w zależności od budowy chemicznej, wynosi około 340°C. W temperaturze 350°C koksują. Wprowadzanie podstawników alkilowych do pierścieni aromatycznych powoduje obniżenie temperatury rozkładu termicznego. Najczęściej stosowanymi nośnikami ciepła tego typu są: difenyl, dibenzylotoluen, benzylotoluen, itp.

Estry alkoholi wielowodorotlenowych i kwasów karboksylowych (poliole), odznaczają się one dobrą stabilnością termiczną, podobną jak węglowodory, jednak mają znacznie niższe temperatury płynięcia, przez co mogą być stosowane w układach pracujących w warunkach bardzo niskich temperatur. Temperatura ich rozkładu termicznego, w zależności od budowy chemicznej i stopnia czystości, wynosi około 350°C.

Etery polifenylowe, odznaczają się doskonałą stabilnością

Tabela 15.1 Klasyfikacja nośników ciepła wg Geiringera

Grupa	I	II	III	IV	V
Zakres temperatury pracy, °C	1090...540	540...400	400...315	315...260	260...215
Typy nośników ciepła	Gazy, ciekłe metale	Ciekłe metale, stopione sole	Ciecze organiczne	Ciecze organiczne	Ciecze organiczne (systemy ciśnieniowe)
Przykłady nośników ciepła	Powietrze Ditlenek węgla Hel Wodór Azot Chlorek glinu Gal	Bizmut Ołów Stop ołów-bizmut Sód Stop sód-potas Stop azotyn sodu-azotan potasu	Difenyl Dowtherm Silany aryłowe Krzemian fenyl-rezorcynowy Fluorowęglowodory Fluorowane aminy alkilowe Etery polifenylowe Tetrafenyle	Krzemiany aryłowe Chlorowane difenole Silikony Borany aryłowe Oleje mineralne	Krzemiany alkilowe p-Cymen o-Dichlorobenzen Silikony Glikole polialkilenowe Oleje mineralne

termiczną. Temperatura ich rozkładu termicznego, w zależności od konfiguracji przestrzennej wynosi 370...400°C. Równie dobre właściwości stwierdzono dla fenoksyfenolanów metali alkalicznych i ziem alkalicznych, rozpuszczonych w eterze polifenylowym. Etery polifenylowe odznaczają się wyjątkową odpornością na promieniowanie jądrowe.

Jako olejowe nośniki ciepła do ogrzewania cieczowego i parowego, są także stosowane eutektyki¹, np.: difenyłu (26,5%) i eteru difenylowego (73,5%), który jest znany jako Dowtherm A oraz mieszaniny innych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i eterów polifenylowych.

Estry kwasu krzemowego są najczęściej mieszaniną krzemianów izomerów krzysyłu. Odznacza się ona stosunkowo niską temperaturą płynięcia i małą lepkością oraz jest trudnopalna. Jej wadą jest wrażliwość na wodę, pod wpływem której powstają osady. Krzemiany krzysyłu nie działają korodująco na: żelazo, miedź i nikiel, ale silnie korodują: glin i magnez.

15.2 Parametry charakteryzujące jakość olejowych nośników ciepła

W przypadku olejowych nośników ciepła, w danych katalogowych podaje się:

- maksymalną temperaturę filmu olejowego, przy ścianie przepływu,
- maksymalną temperaturę cieczy w masie.

Stosowanie olejowych nośników ciepła w temperaturach wyższych niż podane w katalogach na ogół powoduje ich rozkład termiczny.

Na procesy rozkładu, obok właściwości olejowego nośnika ciepła wynikających ze składu chemicznego, wpływa wiele czynników zewnętrznych, takich jak: wysoka temperatura, zanieczyszczenia, kontakt z tlenem powietrza, kontakt z powierzchniami metali działającymi jako katalizator utlenienia i inne.

Olejowe nośniki ciepła są charakteryzowane dwoma grupami parametrów: właściwościami fizykochemicznymi, oznaczanymi klasycznymi metodami stosowanymi w przypadku innych olejów oraz właściwościami cieplnymi, oznaczanymi poprzez pomiary bezpośrednie lub obliczanymi na podstawie wielkości zmierzonych, z zastosowaniem odpowiednich zależności empirycznych.

Najważniejszymi cechami, charakteryzującymi eksploatacyjną przydatność olejowych nośników ciepła, są:

- stabilność termiczna,
- stabilność termooksydacyjna,
- odporność na tworzenie osadów,
- zawartość substancji lotnych,
- brak działania korodującego na metale konstrukcyjne układów,
- lepkość,
- gęstość.

Stabilność termiczna jest parametrem determinującym maksymalną temperaturę pracy olejowych nośników ciepła. Proces termicznego rozkładu substancji organicznych jest zależny od ich budowy chemicznej. W wysokiej temperaturze substancje organiczne ulegają degradacji termicznej (krakingowi), w wyniku której powstają substancje gazowe w warunkach pracy układu oraz osady typu asfaltenów i koksów. Stabilność termiczna jest związana z odpornością na rozrywanie łańcuchów węglowych w cząsteczkach. Z tego względu, jest uwarunkowana strukturą związków wchodzących w skład bazy olejowej. Na odporność termiczną minimalny wpływ mają dodatki.

Odporność olejowych nośników ciepła na procesy rozkładu termicznego jest badana w testach statycznych (w ampułce) lub w testach dynamicznych (mikropętla).

Test statyczny polega na wygrzewaniu odgazowanego pod próżnią nośnika ciepła w zamkniętej ampułce ze szkła lub stali nierdzewnej, w piecu z temperaturą regulowaną z dokładnością do 1°C. Czas wygrzewania uzależnia się od założonej temperatury.

Jeżeli temperatura jest wyższa, to czas trwania próby jest odpowiednio krótszy. Po wygrzewaniu ampułkę chłodzi się, wkłada do szczelnie zamkniętego pojemnika, w którym się ją tłucze (szklaną) lub opróżnia (stalową), mierzy się ciśnienie gazów i analizuje ich skład metodą chromatograficzną. Test ten pozwala na wyznaczenie temperatury, w której zaczynają się tworzyć nierozpuszczalne substancje pochodzące z rozkładu.

W teście dynamicznym pomiar odbywa się w aparacie typu „mikropętli”, o objętości badanej próbki około 100 ml. Aparat składa się z zamkniętej pętli przewodów z elementem grzejmym, usytuowanym w dolnej części. Układ taki pozwala na cyrkulację badanego olejowego nośnika ciepła na skutek gradientu temperatury – pomiędzy częścią gorącą – nagrzewaną, a częścią zimną nie ogrzewaną. Temperatura układu jest regulowana z dokładnością 1°C. Układ jest wyposażony w manometr, który pozwala mierzyć wzrost ciśnienia, będący rezultatem termicznego rozkładu nośnika ciepła. Kryterium oceny w tej metodzie jest czas, po którym następuje skokowy wzrost ciśnienia w układzie. Czas, po którym zaczynają pokazywać się grudki koksu wskazuje na stabilność termiczną nośnika ciepła. Skład próbki po badaniu ocenia się metodami chromatograficznymi oraz oznacza się właściwości fizykochemiczne.

Maksymalna temperatura filmu olejowego musi być niższa od temperatury rozkładu termicznego oleju oraz nie może przekroczyć temperatury początku wrzenia. Maksymalna dopuszczalna temperatura oleju w masie powinna być niższa, o około 20...40°C od maksymalnej temperatury filmu olejowego. Jest ona ograniczona wymaganym czasem pracy olejowego nośnika ciepła, przy określonej stabilności termooksydacyjnej. Przyjmuje się, że obniżenie temperatury pracy o każde 10°C wydłuża okres pracy olejowego nośnika ciepła około dwukrotnie.

Stabilność termooksydacyjna, obok termostabilności jest to również ważny parametr decydujący o czasie eksploatacji olejowych nośników ciepła w wysokich temperaturach. Określa on odporność na działanie tlenu z powietrza. W wysokich temperaturach procesy utlenienia prowadzą głównie do powstania żywic, asfaltenów i koksów, powodujących zwiększenie lepkości oleju oraz tworzących osady na wewnętrznych powierzchniach olejowego układu grzewczego.

Stabilność termooksydacyjna zależy od podatności na utlenienie najbardziej chemicznie podatnych składników. Właściwość ta może być poprawiona przez wprowadzenie do składu olejowego nośnika ciepła inhibitorów utlenienia oraz właściwą eksploatację w instalacjach grzewczych, poprzez ograniczenie kontaktu z tlenem powietrza.

Stabilność termooksydacyjna jest oceniana różnymi metodami, najczęściej polegającymi na przepływie powietrza przez badany olejowy nośnik ciepła w obecności miedzi jako katalizatora, w określonym czasie. Jako miary jakości najczęściej są przyjmowane zmiany: lepkości kinematycznej, pozostałości po koksowaniu oraz liczby kwasowej. Korzystnie, gdy zmiany tych parametrów są niewielkie.

W celu ochrony olejowych nośników ciepła przed utlenieniem, do instalacji układów grzewczych jest wprowadzony gaz obojętny, najczęściej azot (N₂) lub ditlenek węgla (CO₂). W wielu przypadkach kontakt olejowego nośnika ciepła z powietrzem jest jednak nieunikniony, co prowadzi do przyspieszonego utleniania.

Słonność do wydzielania osadów (nagarów) w wysokich temperaturach, jest oceniana z zastosowaniem aparatu Panel-Coking (patrz p. 4.19) lub analogicznych. Metody polegają na rozbryzaniu olejowego nośnika ciepła na powierzchnię gorącej płytki aluminiowej lub stalowej. Badanie prowadzi się w warunkach, modelujących warunki pracy nośnika ciepła i przy przepływie powietrza w określonym czasie. Jako kryteria oceny przyjmuje się: zwiększenie lepkości olejowego nośnika ciepła oraz masę nagaru odłożonego na płytce. Nagar odkłada się na wewnętrznych

¹ Eutektyki są to roztwory charakteryzujące się najniższą temperaturą topnienia (płynięcia) ze wszystkich roztworów o tym samym składzie jakościowym.

powierzchniach armatury układów przenoszenia ciepła i utrudnia proces wymiany ciepła.

Substancje lotne, zawarte w olejowym nośniku ciepła lub powstające w nim w trakcie eksploatacji, powodują wzrost ciśnienia w układzie i zwiększenie zagrożenia pożarowego. Zawartość substancji lotnych jest oceniana metodą Noack (patrz p. 4.5), a także pośrednio poprzez pomiar temperatury zapłonu.

Brak działania korodującego jest istotną cechą olejowych nośników ciepła. Wymaga się aby nośnik ciepła jak i produkty jego rozkładu nie powodowały korozji materiałów konstrukcyjnych stosowanych w układach grzewczych. Producenci olejowych nośników ciepła na ogół podają, z jakimi materiałami konstrukcyjnym mogą się one stykać w układach przenoszenia ciepła.

Lepkość olejowych nośników ciepła decyduje o przepływach w układzie. W celu zapewnienia małych gradientów temperatury między olejowym nośnikiem ciepła i powierzchnią grzewczą, konieczne jest zapewnienie burzliwego przepływu nośnika ciepła, charakteryzującego się wartością liczby Reynoldsa (Re) > 2100 . W takich warunkach, wskutek dobrego odbioru ciepła, temperatura ścianki grzewczej oraz temperatura filmu olejowego bezpośrednio przylegającego do przepony wymiennika ciepła, jest stosunkowo niska, zabezpiecza to nośnik przed rozkładem termicznym.

Lepkość cieczy intensywnie maleje wraz ze wzrostem temperatury. Z tego względu, do celów praktycznych obliczeń, lepkość kinematyczna nośników ciepła w różnych temperaturach jest badana oraz wyznaczana na podstawie wykresów lub specjalnych programów komputerowych.

Gęstość większości cieczy, w tym olejowych nośników ciepła, maleje wraz ze wzrostem temperatury. W przypadku firmowych olejowych nośników ciepła, odpowiednie dane są podawane w kartach katalogowych. W przypadku braku takich danych, należy sięgnąć do danych tabelarycznych. Do celów praktycznych gęstość cieczy w temperaturze innej niż temperatura pomiaru, może być obliczona na podstawie wzorów (4.6 ... 4.8).

Do celów obliczeń technicznych wzory (4.6 ... 4.8) mogą być stosowane tylko dla przypadków, gdy bezwzględna wartość ΔT jest nie większa niż 50 K. Do korzystania z tych wzorów niezbędna jest znajomość współczynnika temperaturowych zmian gęstości (α). W przypadku typowych olejowych nośników ciepła, wartości α są stabilizowane lub podawane w kartach katalogowych.

Jako parametry fizykochemiczne, charakteryzujące olejowe nośniki ciepła najczęściej są oznaczane:

- Lepkość kinematyczna w temperaturze: 40°C, 100°C oraz w wybranych temperaturach zakresu pracy;
- Gęstość w temperaturze 15°C oraz w wybranych temperaturach zakresu pracy;
- Temperatura zapłonu, charakteryzująca zawartość palnych substancji lotnych oraz poprawność przeprowadzenia procesu technologicznego produkcji olejowego nośnika ciepła.

Określa ona możliwość zapalenia się olejowego nośnika ciepła w kontakcie z nagrzanymi powierzchniami. Z tego względu ma istotne znaczenie dla bezpieczeństwa pożarowego, np. w przypadku wystąpienia przecieków w układzie. Temperatura samozapłonu jest

oznaczana metodą, przedstawioną w p. 4.6 lub metodami analogicznymi;

- Liczba kwasowa, która jest parametrem charakteryzującym jakość procesu technologicznego otrzymywania olejowego nośnika ciepła. W czasie eksploatacji, zmiany liczby kwasowej mogą stanowić informację o aktualnym stanie jakości olejowego nośnika ciepła i niekiedy, po przekroczeniu dopuszczalnej wartości określonej przez producenta oleju, są podstawą do jego wymiany;
- Pozostałość po koksowaniu, oznaczana metodami Ramsbottoma lub Conradsona (patrz p. 4.19). Pozostałość po koksowaniu jest przybliżoną miarą ilości koksów, jakie mogą powstać po całkowitym spalaniu olejowego nośnika ciepła. Za korzystną, uznaje się małą pozostałość po koksowaniu.
- Temperatura płynięcia, która jest oznaczana metodami standardowymi, stosowanymi w przypadku innych rodzajów olejów (patrz p. 4.3).

Temperatura płynięcia nośnika ciepła oraz lepkość w niskich temperaturach mają istotne znaczenie przy uruchamianiu układu, szczególnie w warunkach niskich temperatur. Minimalna temperatura uruchamiania układu powinna być wyższa od temperatury płynięcia, o około 5 ... 10°C lub jest określana minimalną temperaturą, w której lepkość oleju przyjmuje maksymalną, dopuszczalną wartość dla zainstalowanych w układzie pomp olejowych. Przykładowo, dla pomp wirowych dopuszczalna, największa lepkość powinna zawierać się w granicach 400 ... 1000 mm²/s. W przypadku pomp wporowych, lepkość nie powinna być większa niż 5 000 mm²/s. Wartości te mogą być przyjęte jako orientacyjne, przy określeniu najniższej temperatury stosowania olejowego nośnika ciepła.

Olejowe nośniki ciepła nie powinny wykazywać działania toksycznego, rakotwórczego i mutagennego na organizm ludzki. Badania w tym zakresie są prowadzone przez specjalistyczne laboratoria, a ich rezultaty publikowane. Przykładowo, stwierdzone w ostatnim czasie toksyczne oddziaływanie chlorowanych difenyli, spowodowało wycofanie ich z produkcji i stosowania jako olejowe nośniki ciepła, mimo bardzo dobrych właściwości eksploatacyjnych.

O możliwości zastosowania olejowego nośnika ciepła w konkretnym systemie przenoszenia ciepła decydują jego **właściwości cieplne**. Pod pojęciem właściwości cieplnych olejowych nośników ciepła rozumie się te właściwości, które są brane pod uwagę przy obliczeniach układów przenoszenia ciepła. Należą do nich:

- gęstość w zakresie temperatur pracy układu,
- lepkość kinematyczna i dynamiczna w zakresie temperatur pracy układu,
- ciepło właściwe,
- przewodnictwo cieplne,
- liczba Prandtla.

Liczba Prandtla – jest to liczba podobieństwa charakteryzująca podobieństwo właściwości fizycznych cieczy (płynów) w procesach przenikania ciepła. Jest miarą wydajności, z jaką w lepkiej cieczy energia kinetyczna jest zamieniana w ciepło.

Tabela 15.2 Klasyfikacja olejów przemysłowych wg ISO 6743/12:1989 Rodzina Q (olejowe nośniki ciepła)

Symbol ISO	Skład i właściwości	Zastosowania
QA	Rafinowane oleje mineralne lub syntetyczne odporne na utlenianie; do temperatur pracy poniżej 250°C	Otwarte układy do ogrzewania elementów mechanicznych i elektronicznych
QB	Rafinowane oleje mineralne lub syntetyczne, termostabilne; do temperatur pracy poniżej 300°C	Zamknięte układy z cyrkulacją wymuszoną lub nie
QC	Rafinowane oleje mineralne lub syntetyczne, termostabilne; do temperatur pracy od 300°C do 320°C	Zamknięte układy z wymuszoną cyrkulacją
QD	Ciecze na bazie syntetycznej o szczególnie wysokiej termostabilności; do temperatur pracy powyżej 320°C	Układy grzejne, zamknięte z wymuszoną cyrkulacją
QE	Rafinowane oleje lub ciecze syntetyczne o niskiej lepkości w niskich temperaturach i stabilności termicznej	Układy z przepływem gorącym i zimnym

15.3 Klasyfikacja olejowych nośników ciepła

Olejowe nośniki ciepła są klasyfikowane według różnych kryteriów: składu chemicznego, zakresu temperatury pracy, lepkości kinematycznej i innych. W ostatnich latach, producenci olejowych nośników ciepła i układów grzewczych, najczęściej stosują klasyfikację zgodną z międzynarodową normą ISO 6743/12, przytoczoną w tabeli 15.2. W odniesieniu do olejowych nośników ciepła jest stosowana klasyfikacja lepkościowa wg ISO 3448. Stosowanie zasad tych klasyfikacji w praktyce, ułatwia dobór olejowego nośnika ciepła do układu i zapobiega pomyłkom, w przypadku konieczności wyboru zamiennika dotychczas stosowanego nośnika ciepła.

15.4 Układy przenoszenia ciepła

Podstawowy układ przenoszenia ciepła najczęściej składa się z: kotła (podgrzewacza), pompy, przewodów olejowych, zbiornika wyrównawczego, odbiornika ciepła, układów sterowania i regulacji oraz innych elementów pomocniczych. W rozwiązaniach konstrukcyjnych układów przenoszenia ciepła powinny być przestrzegane poniżej podane zalecenia, istotne dla poprawnej pracy układów.

Pompa wirowa do cyrkulacji winna być umieszczona jak najbliżej podgrzewacza, ponieważ olej posiada w tym miejscu najniższą temperaturę, przez co uzyskuje się eliminację naprężeń cieplnych. Ponadto, odparowanie w pompie przy pracy nośników bliskiej temperaturze wrzenia może powodować kawitację, a jeżeli taki stan będzie trwał dłużej, może nastąpić uszkodzenie pompy. Przed i za pompą powinny być zainstalowane zawory, pozwalające na regulację temperatury czynnika grzewczego przetłaczanego do odbiornika. Ważną rzeczą jest umiejscowienie bocznika przed odbiornikiem ciepła, ponieważ zabezpiecza on układ przed zatrzymaniem przepływu cieczy jeśli zamknie się zawór przed odbiornikiem. Zawór regulacyjny za grzejnikiem pozwala na szybką regulację temperatury w odbiorniku oraz reguluje ilość przepływającego czynnika grzewczego.

Bardzo istotną częścią instalacji grzewczej jest zbiornik wyrównawczy. Jest on jedynym miejscem układu, w którym nośnik ciepła może być w kontakcie z tlenem z powietrza. W zbiorniku wyrównawczym gorący nośnik ciepła może się utleniać i wydzielać osady, które zakłócają pracę instalacji, blokując filtry i osadzając się na metalowych powierzchniach, obniżając skuteczność przenoszenia ciepła. Z tego względu zbiornik wyrównawczy powinien

być usytuowany tak, aby temperatura nośnika ciepła była jak najniższa. Zbiornik wyrównawczy winien być umieszczony wyżej niż najwyższy punkt całego obiektu instalacji grzewczej tak, aby gazy oraz ewentualnie woda w postaci pary mogły być usunięte z instalacji. W niektórych konstrukcjach, w celu przeciwdziałania utlenianiu olejowego nośnika ciepła, do zbiornika wyrównawczego jest podawany gaz obojętny, np. azot lub ditlenek węgla. Schemat układu grzewczego, umożliwiającego podgrzewanie i chłodzenie, przedstawiono na rys. 15.1.

Sposób zabudowy zbiornika wyrównawczego (w pozycji leżącej czy stojącej) jest w zasadzie bez znaczenia. Przeważnie, zwłaszcza w przypadku małych instalacji, stosuje się zbiorniki stojące, przy większych – leżące.

W zakresie temperatur od pokojowej do 280°C, olejowy nośnik ciepła zwiększa swoją objętość o około 25%. Z tego względu, zaleca się, aby pojemność zbiornika wyrównawczego była tak dobrana, żeby w przypadku oleju zimnego był on napełniony w 25%, a w maksymalnej temperaturze pracy, w 75%. W obliczeniach należy uwzględnić podawaną w katalogach, wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej.

15.5 Dobór olejowych nośników ciepła

Podstawą doboru olejowego nośnika ciepła do układu grzewczego jest ustalenie, do jakiej minimalnej i maksymalnej temperatury powinien być podgrzany surowiec. Na tej podstawie ustala się temperaturę pracy olejowego nośnika ciepła w wymienniku ciepła, oraz jaką ilość ciepła należy dostarczyć do surowca.

W tym celu jest sporządzany bilans energetyczny, zgodnie z wzorem (15.1):

$$Q_{zap} = \Sigma Q_{odb} + Q_{tech} \quad (15.1)$$

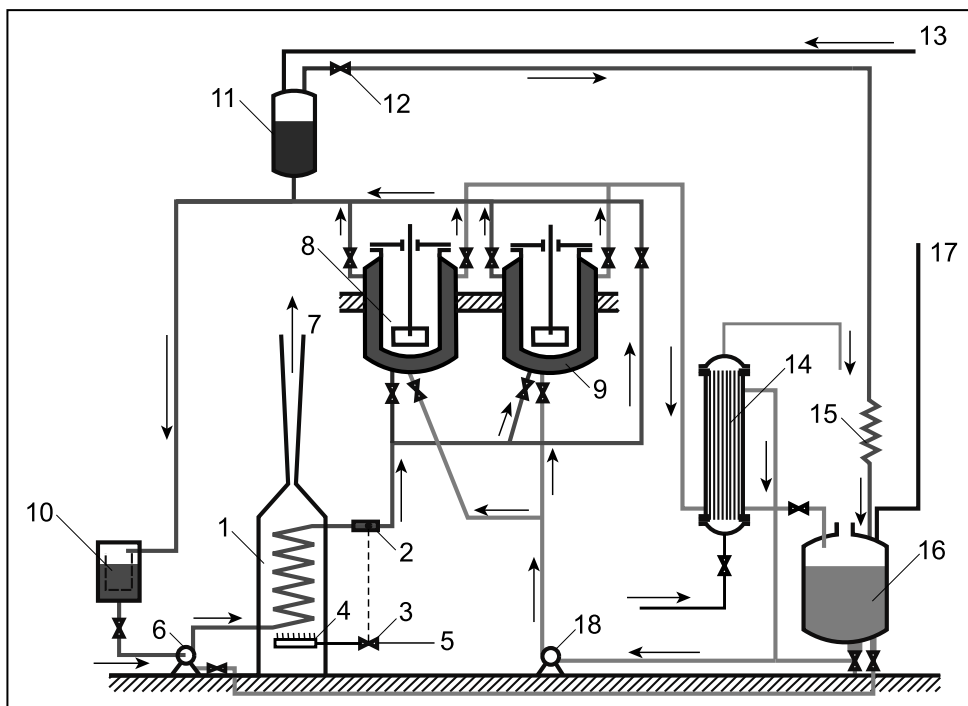
gdzie:

Q_{zap} – niezbędna ilość ciepła, którą należy dostarczyć,

ΣQ_{odb} – suma zapotrzebowania ciepła przez wszystkie odbiorniki ciepła,

Q_{tech} – straty ciepła, powstające podczas przesyłania.

Straty ciepła (Q_{tech}), powstające podczas przesyłania są zależne od wielu czynników, takich jak: miejsce podgrzewania olejowego nośnika ciepła, miejsce odbioru ciepła, sposób zaizolowania prze-



Rys. 15.1 Schemat układu ogrzewania i chłodzenia reaktorów olejowym nośnikiem ciepła; układ grzewczy oznaczono kolorem czarnym, a układ chłodzenia – szarym
1 – kocioł (piec) do podgrzewania nośnika ciepła, 2 – czujnik temperatury, 3 – zawór sterowany czujnikiem temperatury, 4 – palnik, 5 – dopływ paliwa, 6 – pompa układu gorącego, 7 – wylot gazów spalinowych, 8 – reaktor, 9 – płaszcz grzewczy, 10 – filtr siatkowy, 11 – zbiornik wyrównawczy, 12 – zawór bezpieczeństwa, 13 – przewód doprowadzający azot, 14 – wymiennik ciepła, 15 – chłodnica powietrzna, 16 – zbiornik olejowego nośnika ciepła, 17 – odpowietrzenie, 18 – pompa układu zimnego

wodów itp. Dane te składają się na tzw. sprawność układu ($\eta < 1$). Znajomość sprawności układu pozwala na obliczenie wydajności cieplnej kotła, wg wzoru (15.2):

$$Q_{\text{kot}} = \eta Q_{\text{zap}} \quad (15.2)$$

Oczywiście zachodzi wówczas nierówność (15.3):

$$Q_{\text{kot}} > Q_{\text{zap}} \quad (15.3)$$

Podstawą doboru olejowego nośnika ciepła jest temperatura filmu olejowego na powierzchni rur kotła, z którymi styka się nośnik. Do tego celu są stosowane specjalne wzory lub nomogramy. W praktycznych zastosowaniach temperatura filmu olejowego powinna być o 20...40°C niższa niż temperatura początku destylacji olejowego nośnika ciepła.

W przypadku projektowania układów grzewczych lub doboru olejowego nośnika ciepła, ze względu na konieczność wykonania złożonych obliczeń, najlepiej prace z tego zakresu powierzyć specjalistom z zakresu inżynierii chemicznej.

15.6 Uwagi o bezpieczeństwie pracy

W niektórych układach przenoszenia ciepła, można jeszcze spotkać jako olejowe nośniki ciepła, polichlorowane bifenyle (PCB) lub polichlorowane trifenyle (PCT). Stanowią one poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi. Ich wymiana na inne nośniki ciepła, powinna odbywać się ze szczególną ostrożnością i powinny wykonywać to wyspecjalizowane ekipy. Nie mogą one być spalane w normalnych paleniskach, ponieważ podczas ich spalania powstają substancje bardzo toksyczne i rakotwórcze. Wprowadzenie takich substancji do olejów przepracowanych powoduje, ich zniszczenie jako surowca do rafinacji i przetwórstwa.

