

Chłodzenie silnika

Silniki chłodzone cieczą są chłodzone poprzez pomiarowanie mieszaniny płynu chłodzącego poprzez kanały w bloku cylindrów silnika i głowicach za pomocą napędzanej od silnika pompy. Najczęściej spotykana konfiguracja agregatu prądowórczego posiada zamontowaną chłodnicę i napędzany od silnika wentylator dla chłodzenia płynu chłodzącego i wentylacji pomieszczenia generatora. Alternatywne metody chłodzenia płynu chłodzącego to konfiguracje montowanych na podstawie wymienników ciepła typu płyn-płyn, chłodnicy zdalnej, zdalnego wymiennika ciepła typu płyn-płyn, oraz wieży chłodniczej.

Układy chłodzenia dla agregatów prądowórczych napędzanych silnikiem posuwisto-zwrotnym posiadają następujące wspólne cechy charakterystyczne, niezależnie od zastosowanego wymiennika ciepła zastosowanego do odprowadzania ciepła z silnika. Są to:

- Część silnikowa układu chłodzenia jest zamkniętym, ciśnieniowym układem (10-14 psi/69,0–96,6 kPa), który jest wypełniony mieszaniną czystej, miękkiej (demineralizowanej) wody, glikolu etylenowego lub propylenowego oraz innych dodatków. Silniki nie powinny być chłodzone bezpośrednio nieuzdatnioną wodą, ponieważ spowoduje to korozję w silniku i potencjalnie niewłaściwe chłodzenie. „Zimna” strona układu chłodzącego może być obsługiwana przez chłodnicę, wymiennik ciepła lub wieżę chłodniczą.
- Układ chłodzenia silnika musi być prawidłowo dobrany rozmiarem do otoczenia i wybranych elementów składowych. Zwykle temperatura górnego zbiornika układu (temperatura na wlocie do silnika) nie będzie przekraczać 220°F (104°C) dla zastosowań czuwających, oraz 200°F (93°C) dla zastosowań zasilania głównego.
- Układ chłodzenia musi zawierać rozwiązanie odpowietrzania i wentylowania dla uniknięcia gromadzenia porywanego powietrza w silniku z powodu przepływu turbulентnego płynu chłodzącego, oraz dla umożliwienia prawidłowego napełniania układu chłodzenia silnika. Oznacza to, że oprócz złączy głównego wlotu i wylotu płynu chłodzącego, prawdopodobnie będzie co najmniej jeden komplet przewodów odpowietrzających kończących się na „górze” układu chłodzenia. Sprawdzić u producenta silnika zalecenia dla zastosowanego silnika, dla uzyskania szczegółowych zaleceń⁸. Schematyczne

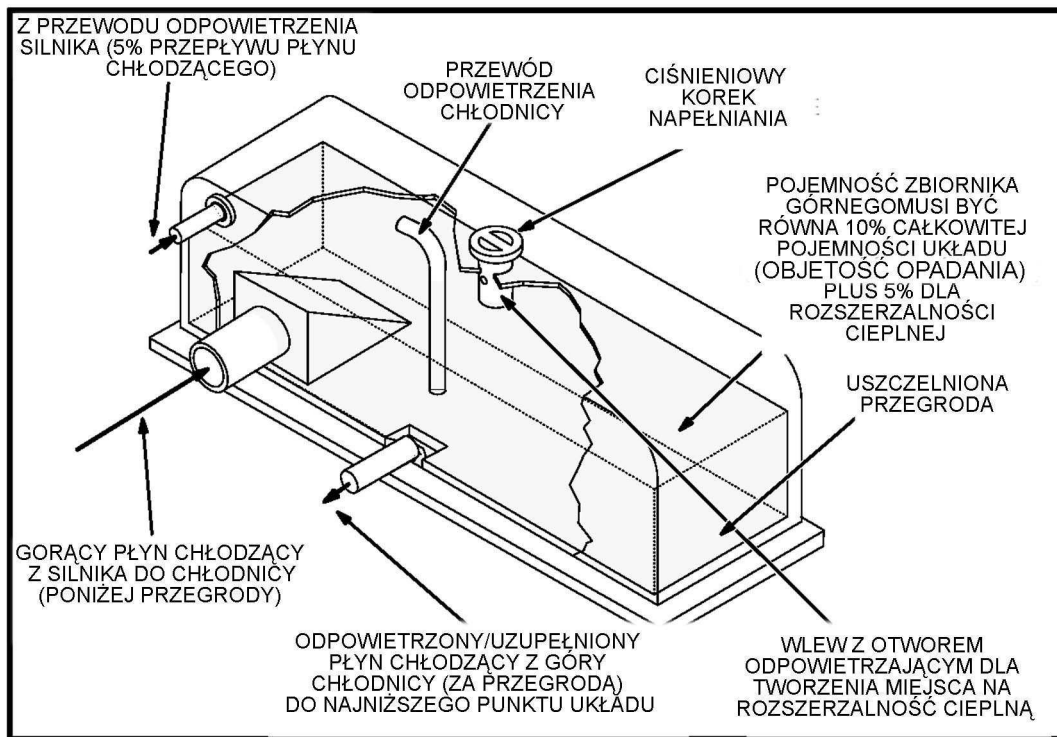
⁸ Wymagania dla wentylowania i odpowietrzania poszczególnych silników Cummins można znaleźć w dokumentach Cummins AEB.

przedstawienie przewodów chłodzących i odpowietrzających typowego silnika – patrz **Rysunek 6-14**.

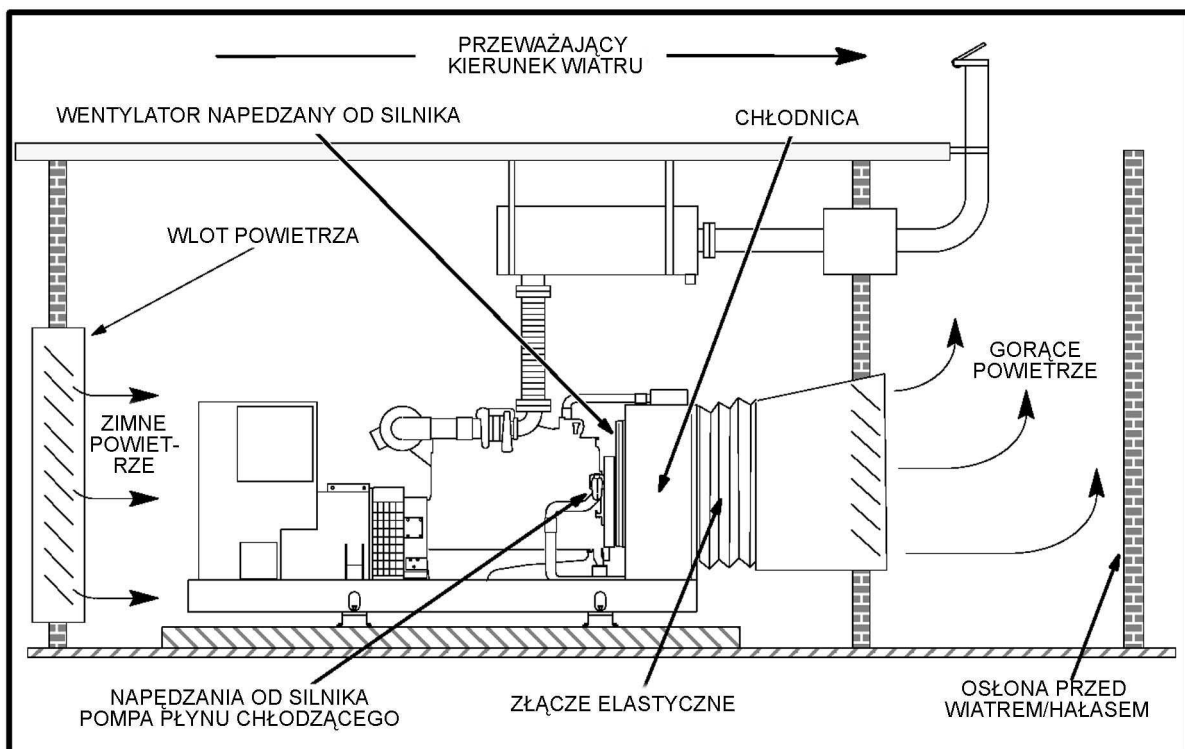
- W celu umożliwienia nagrzewania się silnika i regulacji temperatury silnika, po stronie „gorącej” układu chłodzenia zwykle zastosowany jest na silniku termostat.
- Konstrukcja układu chłodzenia powinna przewidywać rozszerzalność objętościową płynu chłodzącego w miarę wzrostu temperatury silnika. Wymagane jest umożliwienie rozszerzenia płynu chłodzącego o 6% ponad normalną objętość.
- Układ powinien być tak zaprojektowany, aby zawsze było dodatnie ciśnienie po stronie silnikowej pompy płynu chłodzącego.
- prawidłowe przepływy zależą od zminimalizowania ciśnienia statycznego i ciśnienia tarcia po stronie silnikowej pompy płynu chłodzącego. Agregat prądowórczy nie będzie chłodzony prawidłowo, jeżeli przekroczone są ograniczenia albo ciśnienia statycznego, albo ciśnienia tarcia w pompie płynu chłodzącego. W celu uzyskania informacji i tych czynników dla danego wybranego agregatu prądowórczego, proszę się konsultować z producentem silnika. Poszczególne instrukcje dobierania rozmiaru rurociągów płynu chłodzącego i obliczania ciśnienia statycznego i ciśnienia tarcia —patrz Obliczenia Doboru Rur Układu Chłodzenia w tym rozdziale.
- Silnik i zdalne układy chłodzenia powinny być wyposażone w możliwości drenażu i odłączania w celu umożliwienia wygodnej obsługi i naprawy silnika. Rozmieszczenia drenaży i zaworów stosowanych zwykle w różnych zastosowaniach – patrz przykładowe rysunki w tym rozdziale.

Chłodnica zamontowana na podstawie

Agregat prądowórczy z chłodnicą montowaną na podstawie (**Rysunek 6-15**) jest integralnym, montowanym na podstawie układem chłodzenia i wentylacji. Montowany na podstawie układ chłodzenia z chłodnicą jest często uważany za najbardziej niezawodny i najmniej kosztowny układ chłodzenia agregatów prądowórczych, ponieważ wymaga najmniejszej liczby urządzeń pomocniczych, rurociągów, przewodów sterujących i płynu chłodzącego oraz minimalizuje prace, które muszą być wykonywane na miejscu w układzie chłodzenia agregatu prądowórczego. Wentylator chłodnicy jest zwykle mechanicznie napędzany przez silnik, co jeszcze bardziej upraszcza konstrukcję. W niektórych zastosowaniach stosowane są wentylatory elektryczne dla umożliwienia wygodniejszego sterowania wentylatora chłodnicy na podstawie temperatury płynu chłodzącego silnika. Jest to szczególnie przydatne w środowiskach bardzo zimnych.



Rysunek 6-14. Górny zbiornik chłodnicy typu odpowietrzającego



Rysunek 6-15. Montowane w fabryce chłodzenie radiatorowe (chłodnicowe)

Ponieważ producent agregatu prądotwórczego zwykle projektuje montowane na podstawie układy chłodzenia, ten układ może przejść test prototypu w celu sprawdzenia ogólnej sprawności układu w środowisku laboratoryjnym. Oprzyrządowane, kontrolowane środowisko laboratoryjne jest przydatne dla łatwego zweryfikowania osiągnięć układu chłodzenia. Często ograniczenia fizyczne w miejscu projektowania mogą ograniczać dokładność lub praktyczną wykonalność testowania weryfikacyjnego projektu.

Główną wadą montowanej na podstawie chłodnicy jest wymaganie przemieszczania względnie dużej objętości powietrza przez pomieszczenie generatora, ponieważ przepływ powietrza przez pomieszczenie musi być wystarczający do usuwania ciepła promieniowanego przez agregat prądotwórczy oraz dla usuwania ciepła z płynu chłodzącego silnika. Szczegóły konstrukcji systemu wentylacji i obliczenia związane z projektowaniem systemu wentylacji – patrz Wentylacja w tym rozdziale. Wentylator silnika będzie często zapewniał wystarczającą wentylację pomieszczenia urządzeń, eliminując potrzebę innych urządzeń i systemów wentylacyjnych.

Chłodnica zdalna

Systemy zdalnej chłodnicy są często stosowane, gdy w aplikacji nie może być zapewniona dostateczna wentylacja powietrza dla montowanego na podstawie układu chłodzenia. *Zdalne chłodnice nie eliminują potrzeby wentylowania pomieszczenia agregatu prądotwórczego, ale ją zmniejszają.* Jeżeli wymagany jest układ chłodzenia ze zdalną chłodnicą, pierwszym krokiem jest określenie, jakiego typu zdalny system jest wymagany. Będzie to określone poprzez obliczenie ciśnienia statycznego i ciśnienia tarcia, które będą działały na silnik, na podstawie jego lokalizacji.

Jeżeli obliczenia ujawnią, że agregat prądotwórczy wybrany dla zastosowania może być podłączany do zdalnej chłodnicy bez przekraczania ograniczeń ciśnienia statycznego i ciśnienia tarcia, może być zastosowany prosty system chłodnicy zdalnej. Patrz **Rysunek 6-16**.

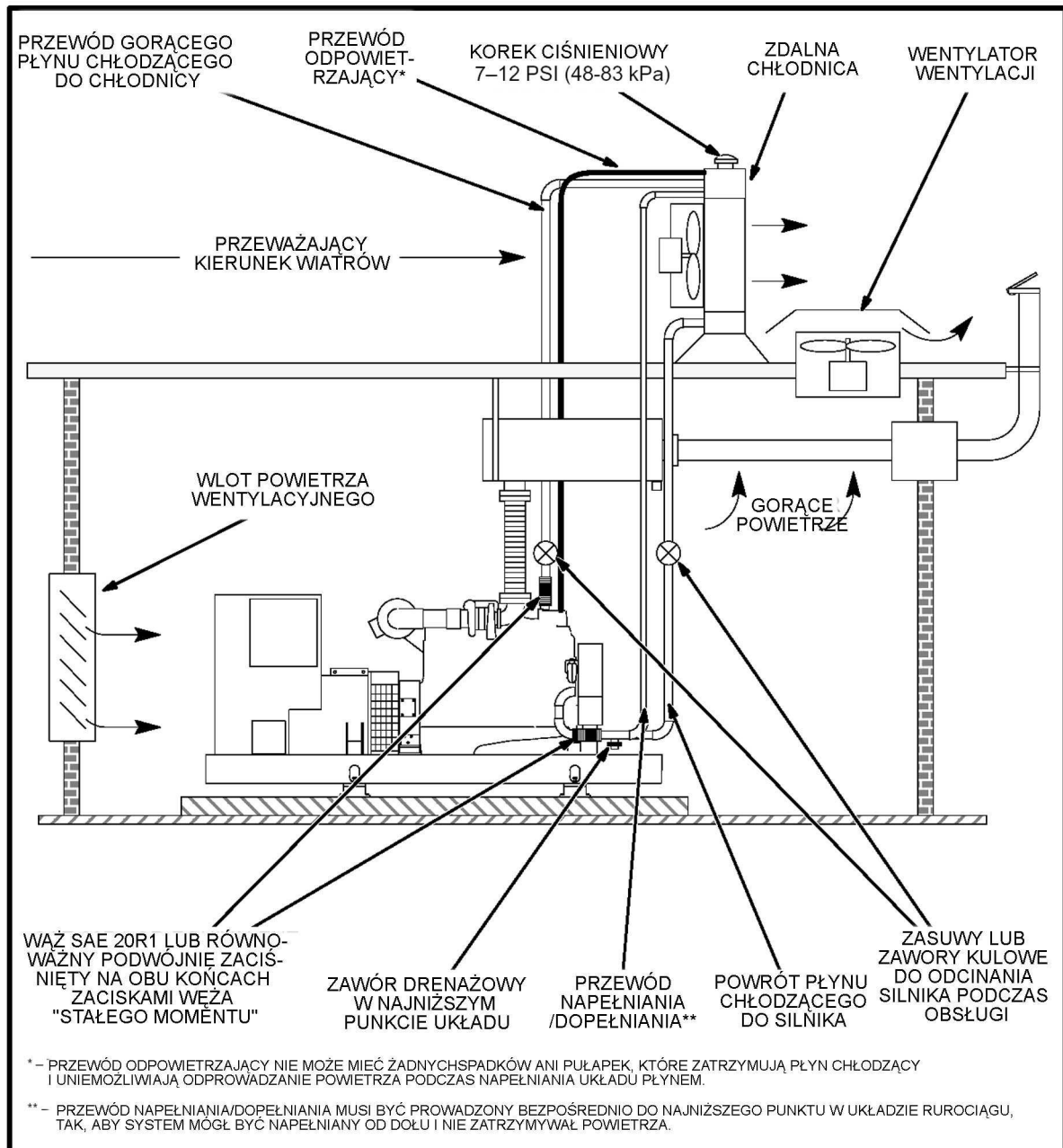
Jeżeli ciśnienie tarcia jest przekroczone, ale ciśnienie statyczne nie, może być zastosowany system zdalnej chłodnicy z pomocniczą pompą płynu chłodzącego. Patrz **Rysunek 6-14**, oraz Zdalna Chłodnica z Pomocniczą Pompą Płynu Chłodzącego, w tym rozdziale. Jeżeli przekroczone są ograniczenia zarówno ciśnienia statycznego, jak i ciśnienia tarcia, dla agregatu prądotwórczego potrzebny będzie izolowany układ chłodzenia. Może on obejmować

zdalną chłodnicę ze zbiornikiem kondensatu, lub układ oparty na wymienniku ciepła typu płyn-płyn.

Niezależnie od tego, który układ jest zastosowany, zastosowanie zdalnej chłodnicy do chłodzenia silnika wymaga starannego projektowania. Generalnie, wszystkie zalecenia dla montowanych na podstawie chłodnic dotyczą również zdalnych chłodnic. Dla każdego rodzaju układu zdalnej chłodnicy, należy rozważyć następujące sprawy:

- Zaleca się, aby chłodnica i wentylator były dobrane rozmiarem na podstawie maksymalnej temperatury górnego zbiornika chłodnicy 200°F (93°C) oraz 115 procent wydajności chłodzenia (rezerwa na zanieczyszczenia). Niższa temperatura górnego zbiornika (niższa, niż opisana w Chłodzeniu Silnika) kompensuje straty ciepła od wylotu z silnika do górnego zbiornika chłodnicy zdalnej. W celu uzyskania informacji o ciepłe odprowadzanym do płynu chłodzącego z silnika, oraz przepływów płynu chłodzącego⁹, proszę się konsultować z producentem silnika.
- Górny zbiornik chłodnicy lub zbiornik pomocniczy muszą być umieszczone w najwyższym punkcie układu chłodzącego. Musi on być wyposażony w: odpowiedni korek ciśnieniowy/napełniania, przewód napełniania układu podłączony do najniższego punktu w układzie (tak, aby układ mógł być napełniany od dołu ku górze), oraz przewód odpowietrzający od silnika, który nie posiada żadnych spadków lub pułapek. (Spadki i pętle górne mogą gromadzić płyn chłodzący i uniemożliwić wydostawanie się powietrza z odpowietrzenia podczas napełniania układu). Środki napełniania układu muszą być również umieszczone w najwyższym punkcie układu i tam musi być umieszczony wyłącznik alarmu zbyt niskiego poziomu płynu chłodzącego.
- Pojemność górnego zbiornika chłodnicy lub zbiornika pomocniczego musi być równy co najmniej 17 procent całkowitej objętości płynu chłodzącego w układzie dla zapewnienia „pojemności opadania” płynu chłodzącego (11 procent) oraz miejsca na rozszerzalność cieplną (6 procent). Objętość opadania jest objętością płynu chłodzącego, która może być utracona przez powolne nie wykryte wycieki oraz normalne rozładowywanie korka ciśnieniowego, zanim do pompy płynu chłodzącego będzie wprowadzane powietrze. Miejsce na rozszerzalność cieplną jest tworzone przez wlew, gdy napełniany jest zimny układ. Patrz **Rysunek 6-14**.

⁹ Informacje o produktach Cummins Power Generation są podane w Cummins Power Suite.



Rysunek 6-16. Chłodzenie zdalną chłodnicą (System typu odpowietrzającego, patrz Rysunek 6-14).

- W celu zredukowania zanieczyszczania płytek chłodnicy, dla środowisk zanieczyszczonych powinny być rozważane chłodnice, które mają większe odstępy pomiędzy płytkami (dziewięć płytek na cal lub mniej).
- Ciśnienie tarcia płynu chłodzącego na zewnątrz silnika (strata ciśnienia z powodu tarcia w rurach, złączach i chłodnicy) oraz ciśnienie statyczne płynu chłodzącego (wysokość słupa płynu mierzona od osi wału korbowego) nie mogą przekraczać maksymalnych wartości zalecanych przez producenta silnika¹⁰. Metoda obliczania ciśnienia tarcia – patrz przykład obliczeń w tym rozdziale. Jeżeli nie można znaleźć konfiguracji układu, która umożliwi pracę silnika z ograniczeniami ciśnienia statycznego i ciśnienia tarcia, powinien być zastosowany inny układ chłodzenia.

UWAGA: Nadmierne ciśnienie statyczne (ciśnienie) płynu chłodzącego może spowodować przeciekanie uszczelnienia wału pompy płynu chłodzącego. Nadmierne ciśnienie tarcia płynu chłodzącego (strata ciśnienia) spowoduje niedostateczne chłodzenie silnika.

- Do przejmowania przemieszczeń i drgań agregatu prądowórczego, do podłączania rurociągu chłodzącego do silnika powinien być stosowany wężyk chłodnicy o długości 6 do 18 cali (152 do 457 mm), zgodny z SAE 20R1, lub równoważny.
- Stanowczo zaleca się, aby węże chłodnicy były zaciskane na każdym końcu dwoma najlepszej jakości zaciskami wężyka typu „stałego momentu” w celu zredukowania ryzyka nagłej utraty płynu chłodzącego silnika z powodu zsunęcia się wężyka pod ciśnieniem. Może nastąpić znaczne uszkodzenie silnika, jeżeli będzie pracował bez płynu chłodzącego w bloku choć przez kilka sekund.
- W najniższej części układu powinien być umieszczony zawór drenażowy.
- Zalecane są zasuwki lub zawory kulowe (zawory talerzowe o kadłubie kulistym mają zbyt duże opory) dla odcinania silnika, tak, aby cały układ nie musiał być opróżniany dla obsługi silnika.
- Należy pamiętać, że agregat prądowórczy musi elektrycznie napędzać wentylator zdalnej chłodnicy, wentylatory wentylacji, pompy chłodzenia i inne akcesoria wymagane do działania w zastosowaniach zdalnego chłodzenia. Więc moc kW zaoszczędzona przez nie napędzanie wentylatora mechanicznego jest generalnie zużywana

przez dodatkowe urządzenia elektryczne konieczne w układzie chłodzenia zdalnego. Należy pamiętać dodać te obciążenia elektryczne do całkowitego zapotrzebowania dla agregatu prądowórczego.

- Patrz Ogólne Wskazówki Wentylacji i Wymiennika Ciepła lub Zdalnej Chłodnicy, w tym rozdziale, dotyczące wentylacji pomieszczenia generatora, gdy stosowane jest chłodzenie zdalne.

Układ zdalnej chłodnicy typu odpowietrzającego

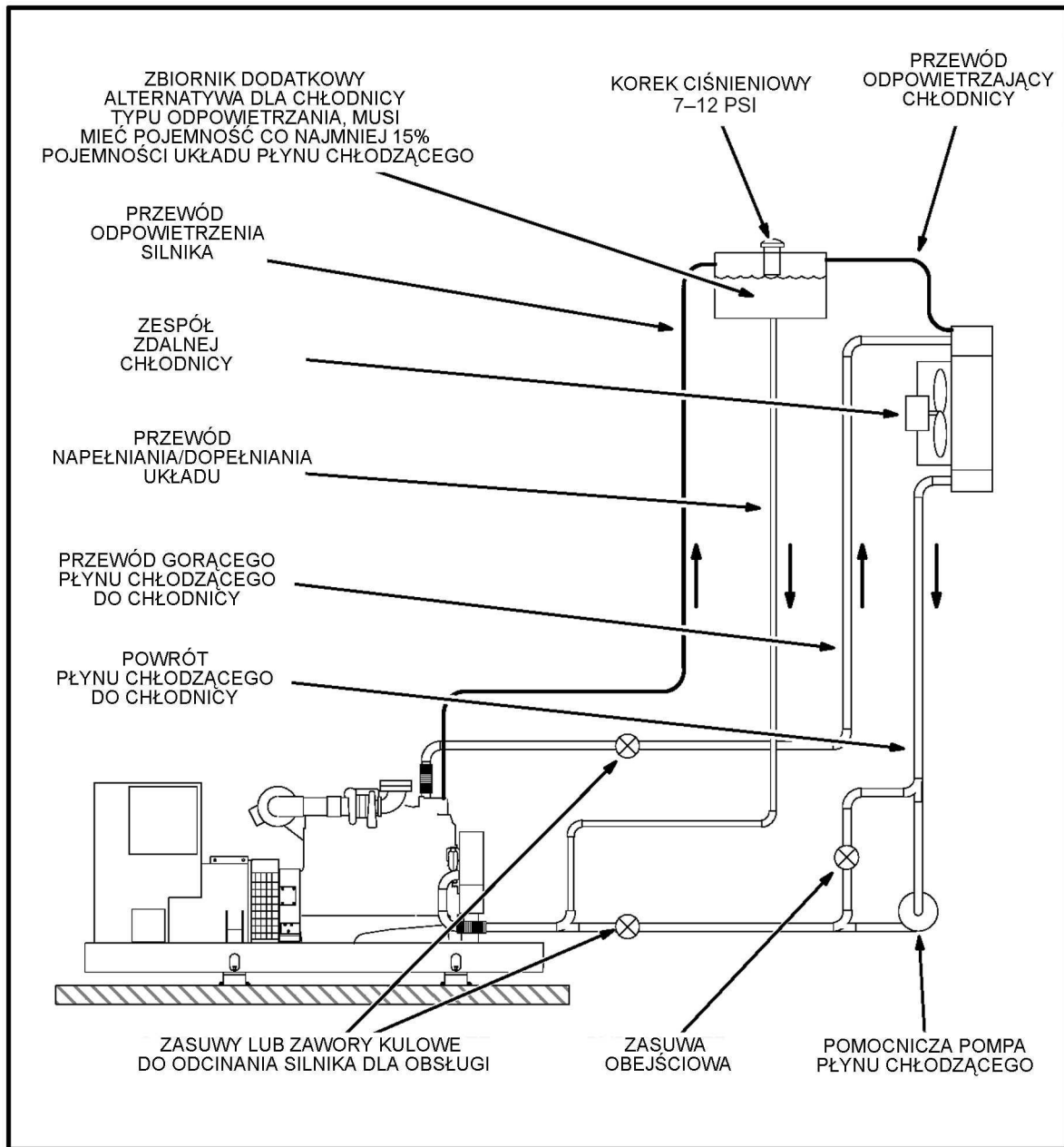
Musi być zapewniony górny zbiornik chłodnicy typu odpowietrzającego (znany również jako szczelny zbiornik górny) lub zbiornik pomocniczy. W tym układzie, część przepływu płynu chłodzącego (około 5 procent) jest kierowana do górnego zbiornika chłodnicy, ponad przegrodą. Umożliwia to oddzielenie powietrza uwięzionego w płynie chłodzącym, zanim płyn chłodzący powróci do układu. Należy rozważyć następujące sprawy:

- Przewody odpowietrzające silnika i chłodnicy muszą się wznosić bez żadnych spadków ani pułapek, które będą gromadzić płyn chłodzący i uniemożliwiać odprowadzanie powietrza podczas napełniania układu. Dla długich przebiegów, zwłaszcza poziomych, dla uniknięcia zwieszania się ich pomiędzy podporami, zalecane są sztywne rury stalowe lub z polistyrenu o wysokiej gęstości.
- Przewód napełniania/dopełniania również powinien się wznosić bez żadnych spadków od najniższego punktu w układzie rurociągu do połączenia w górnym zbiorniku chłodnicy lub zbiorniku pomocniczym. Nie powinny być do niego podłączane żadne inne rurociągi. Ten układ umożliwia napełnianie układu od dołu do góry bez zatrzymywania powietrza i podawania fałszywych odpowietrzeniu i połączeniach przewodu napełniania, powinno być możliwe napełnianie układu z prędkością co najmniej 5 galonów/min (19 l/min) (przybliżona wartość przepływu w wężyku ogrodniczym).

Chłodnica zdalna z pomocniczą pompą płynu chłodzącego

Jeżeli tarcie płynu chłodzącego przekracza maksymalną wartość zalecaną przez producenta, a ciśnienie statyczne jest zgodne ze specyfikacją, może być zastosowana zdalna chłodnica z pomocniczą pompą płynu chłodzącego (**Rysunek 6-17**). Oprócz rozważań podanych w części Chłodnica Zdalne, należy rozważyć następujące sprawy:

¹⁰ Dane dla silników Cummins znajdują się w Power Suite.



Rysunek 6-17. Zdalna chłodnica z pomocniczą pompą płynu chłodzącego i zbiornikiem pomocniczym

- Pompa pomocnicza i silnik elektryczny muszą być dobrane wielkością dla przepływu płynu chłodzącego zalecanego przez producenta silnika i muszą wytwarzać dostateczne ciśnienie do pokonania nadmiernego ciśnienia tarcia płynu chłodzącego obliczonego metodą pokazaną w poprzednim przykładzie.

UWAGA: Ciśnienie pompy odpowiadające jednej stopie słupa płynu (dane producenta pompy) jest równoważne 0,43 PSI ciśnieniu tarcia płynu chłodzącego (strata ciśnienia) lub ciśnieniu statycznemu płynu chłodzącego

o wielkości jednej stopy (wysokości słupa płynu).

- Równoległe do pompy pomocniczej musi być włączona zasuwa (zawory talerzowe o kadłubie kulistym mają zbyt duże opory), z następujących powodów:
 - Dla umożliwienia regulacji ciśnienia wytwarzanego przez pompę pomocniczą (zawór jest regulowany do położenia częściowo otwartego w celu recykulacji zwrotnej części przepływu pompy).

- Dla umożliwienia działania agregatu prądowłórczego pod obciążeniem częściowym, jeżeli pompa pomocnicza ulegnie awarii (zawór jest regulowany do położenia pełnego przepływu).
- Ciśnienie płynu chłodzącego na wlocie do pompy płynu chłodzącego silnika, mierzone podczas pracy silnika z prędkością znamionową, nie może przekraczać maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia statycznego podanego w Arkuszu Specyfikacji zalecanego agregatu prądowłórczego. Również dla układów chłodzenia typu odpowietrzającego (agregatów prądowłórczych 230/200 kW i większych), ciśnienie pompy pomocniczej nie może wypychać płynu chłodzącego poprzez przewód dopełniania do górnego zbiornika chłodnicy lub zbiornika pomocniczego. W każdym przypadku, zawór obejściowy pompy musi być wyregulowany tak, aby zredukować ciśnienie pompy do dopuszczalnego poziomu.
- Ponieważ silnik agregatu prądowłórczego nie ma mechanicznie napędzanego wentylatora chłodnicy, na wyjściu agregatu prądowłórczego może być dodatkowa moc kW. W celu uzyskania **mocy netto** dostępnej z agregatu prądowłórczego, dodać obciążenie wentylatora podane w Arkuszu Specyfikacji agregatu prądowłórczego do mocy znamionowej agregatu. Należy pamiętać, że agregat prądowłórczy musi elektrycznie napędzać wentylator zdalnej chłodnicy, wentylatory wentylacji, pompy płynu chłodzącego i inne akcesoria wymagane dla pracy agregatu w zastosowaniach ze zdalną chłodnicą.

Zdalna chłodnica ze zbiornikiem kondensatu

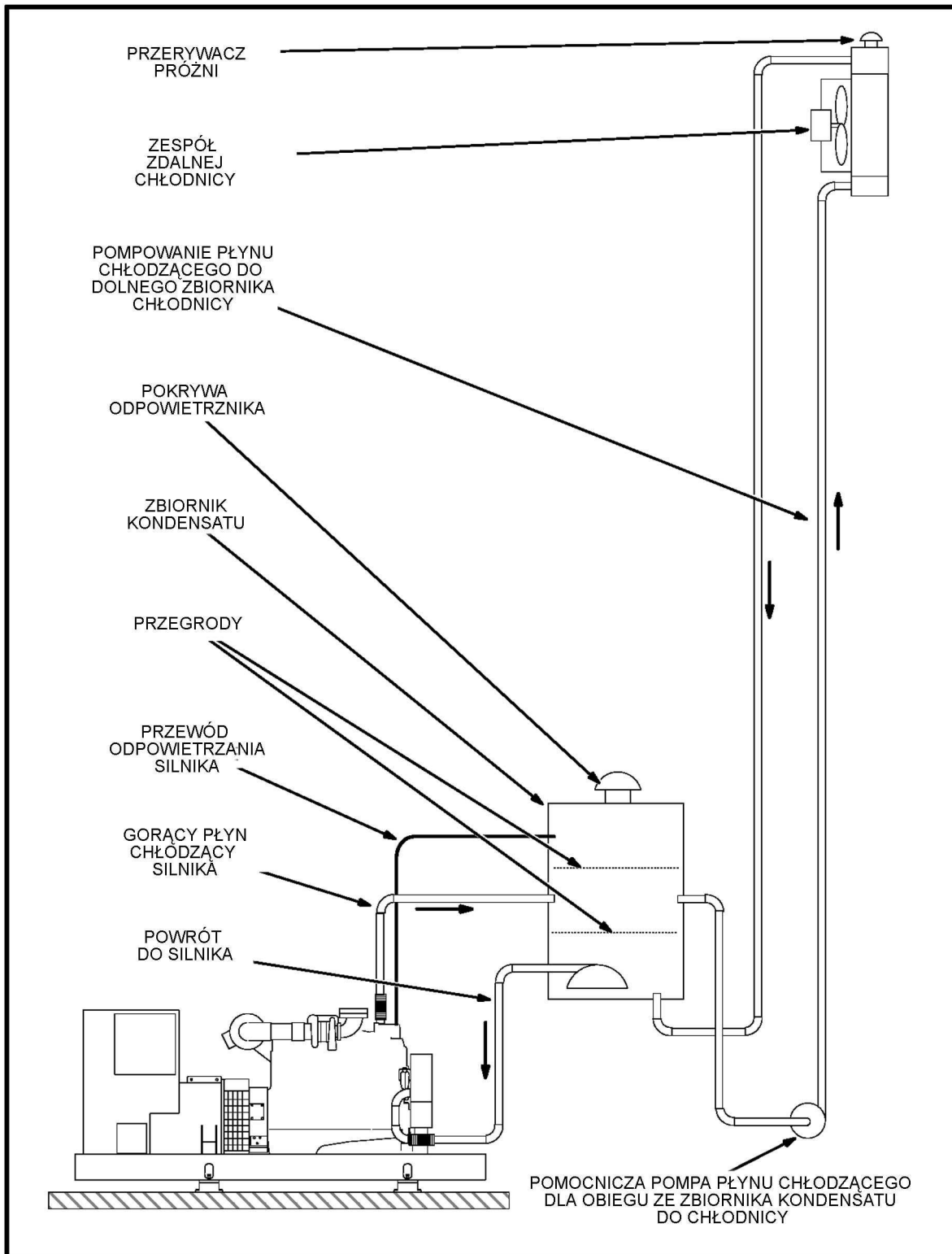
Jeżeli wzniesienie chłodnicy ponad oś wału korbowego przekracza dopuszczalne ciśnienie statyczne płynu chłodzącego podane w Arkuszu Specyfikacji zalecanego agregatu prądowłórczego, może być zastosowana zdalna chłodnica ze zbiornikiem kondensatu (**Rysunek 6-18**). W układzie ze zbiornikiem kondensatu, silnikowa pompa płynu chłodzącego pompuje płyn w obiegu pomiędzy silnikiem i zbiornikiem kondensatu, a pompa pomocnicza pompuje płyn chłodzący w obiegu pomiędzy zbiornikiem kondensatu a chłodnicą. Układ zbiornika kondensatu wymaga starannego zaprojektowania.

Oprócz rozważań podanych w części Chłodnica Zdalna, należy rozważyć następujące sprawy:

- Dno zbiornika kondensatu powinno być powyżej wylotu płynu chłodzącego z silnika.
- Przepływ płynu chłodzącego przez obieg zbiornik kondensatu/chłodnica powinien być w przybliżeniu taki sam, jak przepływ płynu chłodzącego przez silnik. Chłodnica i pompa pomocnicza muszą być odpowiednio dobrane wymiarowo. Ciśnienie pompy musi być wystarczające do przewyższenia sumy ciśnienia statycznego i ciśnienia tarcia w obiegu zbiornik kondensatu/chłodnica.

UWAGA: Ciśnienie pompy odpowiadające jednej stopie słupa płynu (dane producenta pompy) jest równoważne 0,43 PSI ciśnienia tarcia płynu chłodzącego (strata ciśnienia) lub ciśnieniu statycznemu płynu chłodzącego o wielkości jednej stopy (wysokości słupa płynu).

- Pojemność utrzymywania płynu zbiornika kondensatu nie powinna być mniejsza, niż suma następujących objętości:
 - ¼ objętości płynu chłodzącego pompowanego na minutę przez silnik (np. 25 galonów, jeżeli przepływ wynosi 100 galonów/min) (100 litrów jeżeli przepływ wynosi 400 l/min), plus
 - ¼ objętości płynu chłodzącego pompowanego na minutę przez chłodnicę (np. 25 galonów, jeżeli przepływ wynosi 100 galonów/min) (100 litrów jeżeli przepływ wynosi 400 l/min), plus
 - Objętość wymagana do napełnienia chłodnicy i rurociągu, plus 5 procent całkowitej pojemności układu dla rozszerzalności cieplnej.
- W celu zminimalizowania turbulencji płynu chłodzącego, umożliwienia swobodnego odpowietrzania i zmaksymalizowania mieszania przepływów płynu chłodzącego silnika i chłodnicy, wymagane jest staranne zaprojektowanie połączeń wlotu i wylotu oraz przegród.
- Płyn chłodzący musi być pompowany do dolnego zbiornika chłodnicy i wracać ze zbiornika górnego, w przeciwnym wypadku pompa nie będzie zdolna do całkowitego napełniania chłodnicy.
- Pompa pomocnicza musi być niżej, niż dolny poziom płynu chłodzącego w zbiorniku kondensatu, tak by była zawsze zalana.
- Chłodnica powinna posiadać jednokierunkowy zawór podciśnieniowy dla umożliwienia drenażu w dół do zbiornika kondensatu.
- Zbiornik kondensatu powinien posiadać dużej objętości odpowietrznik dla umożliwienia opadania poziomu płynu chłodzącego, gdy pompa pomocnicza napełnia chłodnicę i rurociąg.



Rysunek 6-18. Chłodnica zdalna ze zbiornikiem kondensatu i pomocniczą pompą płynu chłodzącego.

- Należy pamiętać, że agregat prądowórczy musi elektrycznie napędzać wentylator zdalnej chłodnicy, wentylatory wentylacji, pompy chłodzenia i inne akcesoria wymagane do działania w zastosowaniach zdalnego chłodzenia. Więć moc kW zaoszczędzona przez nie napędzanie wentylatora mechanicznego jest generalnie zużywana przez dodatkowe urządzenia elektryczne konieczne w układzie chłodzenia zdalnego. Należy pamiętać dodać te obciążenia elektryczne do całkowitego zapotrzebowania dla agregatu prądowórczego.

Wielo-obiegowe chłodzenie silnika – chłodnice zdalne

Niektóre konstrukcje silników zawierają więcej, niż jeden obieg chłodzenia i w związku z tym wymagają więcej, niż jednego obiegu chłodnicy zdalnej lub wymiennika ciepła dla zastosowań chłodzenia zdalnego. Te silniki wykorzystują różne podejścia dla osiągnięcia Dochładzania Niskiej Temperatury (LTA) powietrza wlotowego do spalania. Główną przyczyną tworzenia tych konstrukcji jest ich wpływ na poprawę poziomów emisji wydechu. Jednak nie wszystkie konstrukcje tych silników dają się łatwo dostosować do zdalnego chłodzenia.

Dwie pompy, dwa obiegi: Powszechnym podejściem do dochładzania niskiej temperatury jest posiadanie dwóch kompletnych i oddzielnych obiegów chłodzenia z dwoma chłodnicami, dwoma pompami płynu chłodzącego i oddzielny płyn chłodzący dla każdego z nich. Jeden obieg chłodzi płaszcze wodne silnika, drugi chłodzi wlot powietrza spalania za turbodoładowaniem. Dla chłodzenia zdalnego, te silniki wymagają dwóch całkowicie oddzielnych chłodnic zdalnych lub wymienników ciepła. Każda będzie miała swoje własne specyfikacje temperatur, ograniczenia ciśnienia, odprowadzania ciepła, itp., które muszą być spełnione w systemach zdalnych. Te dane są dostępne u producenta silnika. Zasadniczo, muszą być projektowane dwa układy, każdy **wymaga** wszystkich rozważań, i każdy **musi spełniać** wszystkie kryteria pojedynczego systemu zdalnego. Patrz **Rysunek 6-19**.

Uwaga: Umieszczenie chłodnicy dla obiegu LTA (dochładzania) może być krytyczne dla uzyskania odpowiedniego odprowadzania energii cieplnej dla tego obiegu. Gdy chłodnice wody LTA i płaszcza wodnego są umieszczane jedna za drugą ze wspólnym wentylatorem, chłodnica LTA powinna być umieszczana jako pierwsza w strumieniu powietrza, tak, aby przez nią przechodziło najzimniejsze powietrze.

Jedna pompa, dwa obiegi: Czasami konstrukcje silników realizują dochładzanie niskiej temperatury poprzez zastosowanie dwóch obiegów chłodzących w silniku, dwóch chłodnic, ale tylko jednej pompy płynu chłodzącego. Te systemy nie są zalecane dla zastosowań chłodzenia zdalnego z powodu trudności – uzyskania zrównoważonych przepływów płynu chłodzącego, a więc prawidłowego chłodzenia każdego obiegu.

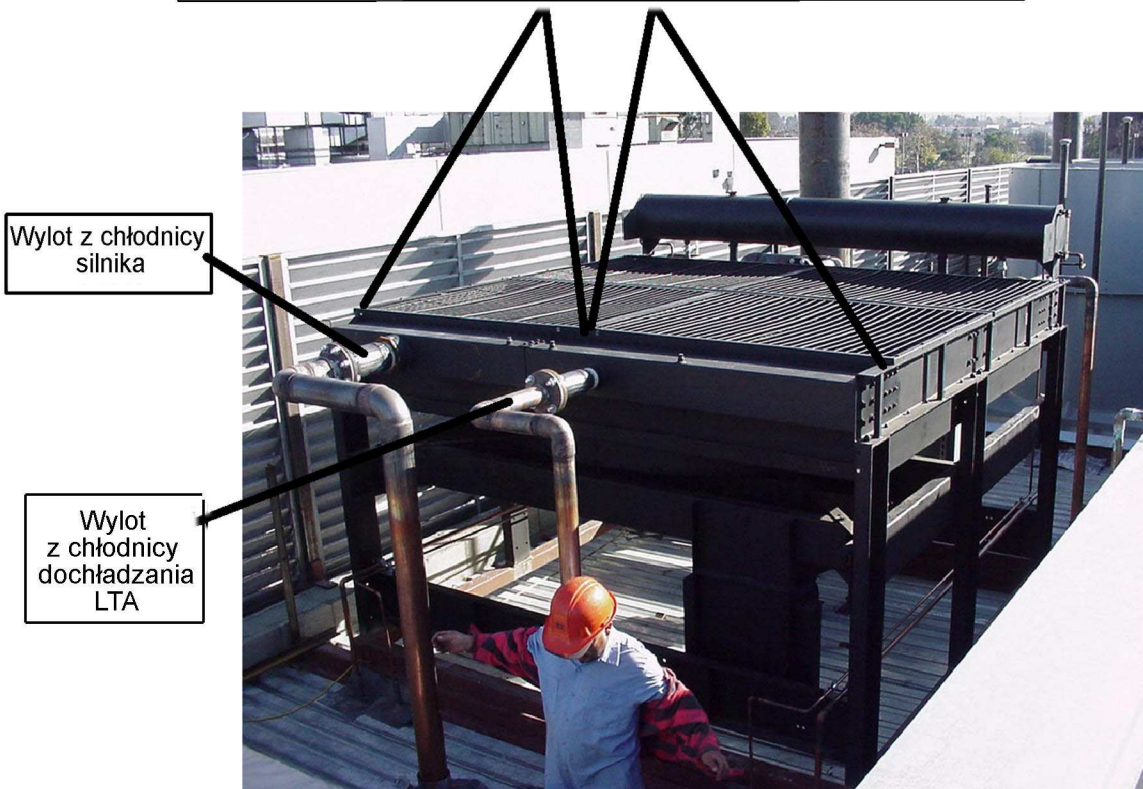
Dochładzanie powietrze-powietrze: Innym podejściem do osiągnięcia dochładzania niskiej temperatury jest zastosowanie obiegu chłodzącego z radiatorem typu powietrze-powietrze, zamiast konstrukcji powietrze-płyn, opisanej wyżej. Te konstrukcje prowadzą powietrze turbodoładowania poprzez radiator w celu jego ochłodzenia przed wejściem do kolektora wlotowego. Te systemy nie są generalnie zalecane dla zdalnego chłodzenia z dwóch powodów. Po pierwsze, cały rurociąg systemu i radiator pracują pod ciśnieniem turbodoładowania. Nawet najmniejsza nieszczelność w tym systemie znacznie zmniejsza skuteczność turbodoładowarki i jest niedopuszczalna. Po drugie, długość rury powietrznej biegnącej do radiatora i z powrotem spowoduje zwłokę czasową w działaniu turbodoładowarki i potencjalnie spowoduje pulsacje ciśnienia, które zakłóca prawidłowe działania silnika.

Chłodnice dla zastosowań ze zdalną chłodnicą

Chłodnice zdalne: Chłodnice zdalne są dostępne dla zastosowań w agregatach prądowórczych w wielu konfiguracjach. We wszystkich przypadkach chłodnica zdalna wykorzystuje wentylator napędzany silnikiem elektrycznym, który powinien być zasilany bezpośrednio z przyłączy wyjściowych agregatu prądowórczego. W najwyższym punkcie układu chłodzenia musi być zainstalowany zbiornik wyrównawczy. Pojemność zbiornika wyrównawczego musi wynosić co najmniej 5% całkowitej pojemności układu chłodzenia. Zainstalowany na nim korek ciśnieniowy jest dobierany na podstawie wielkości chłodnicy. Przewody odpowietrzające mogą być prowadzone do zbiornika wyrównawczego. Pożądaną cechą jest szkło wziernikowe pokazujące poziom płynu chłodzącego w układzie. Powinny być zaznaczone normalne poziomy w stanie zimnym i gorącym. Pożądaną cechą jest przełącznik płynu chłodzącego dla sygnalizowania potencjalnego uszkodzenia układu, gdy poziom jest zbyt niski.

Niektóre instalacje zdalnej chłodnicy działają z termostatycznie sterowanymi wentylatorami chłodnicy. W takim przypadku termostat jest zwykle montowany we wlocie do chłodnicy.

Równoległe chłodnice silnika/dochładzania niskiej temperatury (LTA)

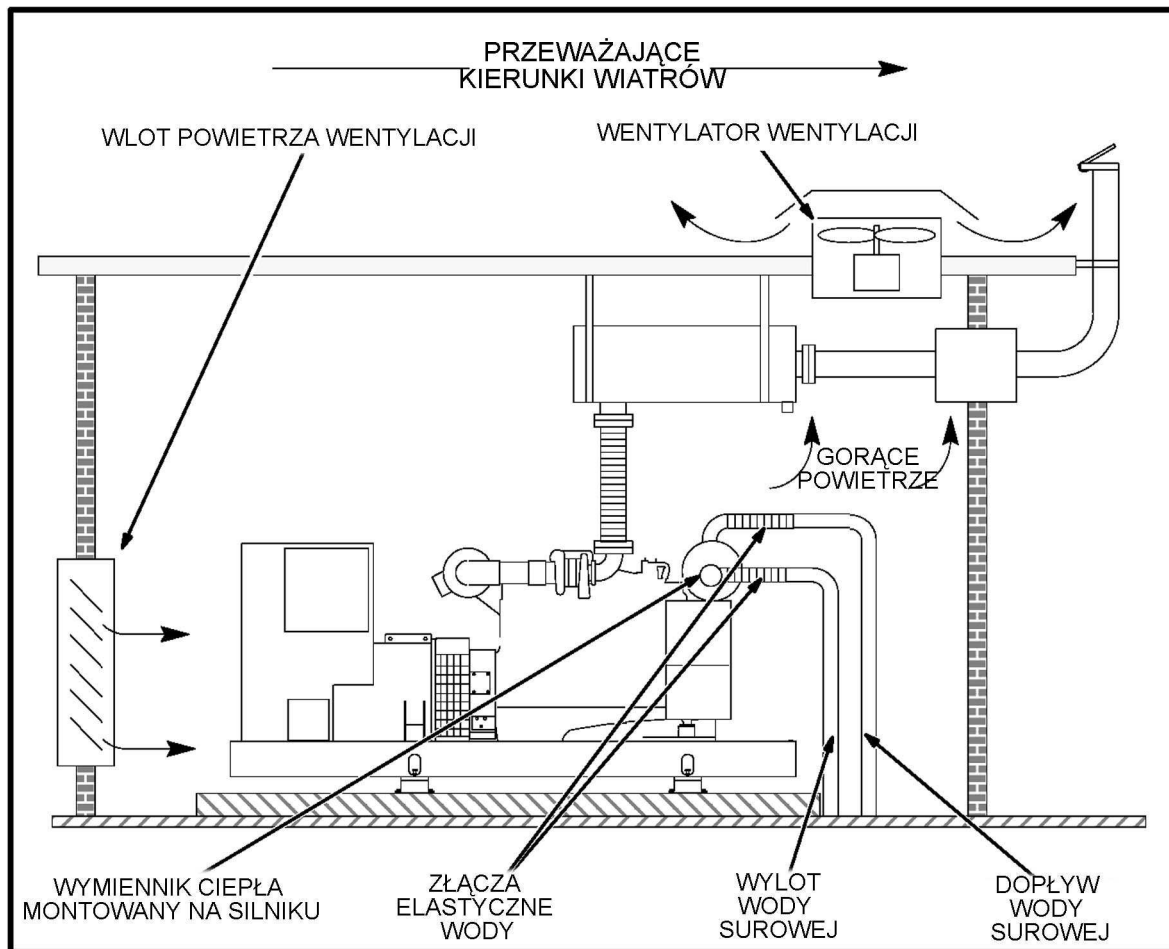

Rysunek 6-19. Pozioma chłodnica zdalna i chłodnica dochładzania.

Chłodnice mogą być albo typu poziomego (rdzeń chłodnicy jest równoległy do powierzchni mocowania) lub typu pionowego (rdzeń chłodnicy jest prostopadły do powierzchni mocowania) (**Rysunek 6-19**). Chłodnice poziome są często wybierane ponieważ umożliwiają one kierować do góry największe źródło hałasu (hałas mechaniczny wentylatora), gdzie prawdopodobnie nie ma odbiorników, które mogą być zakłócone przez hałas. Jednakże, chłodnice poziome mogą być wyłączane przez pokrywę śnieżną lub osadzanie lodu, więc nie są one często używane w zimnych klimatach.

Zdalne chłodnice wymagają niewielkiej obsługi konserwacyjnej, ale gdy są używane, jeżeli są one napędzane pasem, coroczna obsługa konserwacyjna powinna obejmować kontrolę i naprężanie pasów wentylatora. Niektóre chłodnice mogą wykorzystywać łożyska wymagające smarowania, które wymagają regularnej obsługi konserwacyjnej. Upewnij się, że płytki chłodnicy są czyste i nie zatkane brudem lub innymi zanieczyszczeniami.

Montowany na podstawie wymiennik ciepła: Silnik, pompa i wymiennik ciepła typu płyn-płyn tworzą zamknięty, ciśnieniowy układ chłodzenia (**Rysunek 6-20**). Płyn chłodzący silnika i surowa woda chłodząca (strona „zimna” układu) nie mieszają się. Należy rozważyć następujące sprawy:

- Pomieszczenie urządzeń agregatu prądotwórczego będzie wymagało zasilanego układu wentylacyjnego. Informacje o objętości powietrza wymaganego dla prawidłowej wentylacji - Patrz Wentylacja w tym rozdziale.
- Ponieważ silnik agregatu prądotwórczego nie posiada mechanicznie napędzanego wentylatora chłodnicy, musi być dodatkowa moc kW na wyjściu z agregatu. W celu uzyskania **mocy netto** dostępnej z agregatu prądotwórczego, dodać obciążenie wentylatora podane w Arkuszu Specyfikacji agregatu prądotwórczego do mocy znamionowej agregatu.



Rysunek 6-20. Montowane w fabryce chłodzenie wymiennikiem ciepła.

Należy pamiętać, że agregat prądowórczy musi napędzać elektrycznie wentylator zdalnej chłodnicy, wentylatory wentylacji, pompy chłodzącego i inne akcesoria wymagane do pracy agregatu w zastosowaniach zdalnej chłodnicy. Więc moc kW zaoszczędzona przez nie napędzanie wentylatora mechanicznego jest generalnie zużywana przez dodatkowe urządzenia elektryczne konieczne w układzie chłodzenia zdalnego.

- Jeżeli ciśnienie źródła wody po stronie zimnej układu przekracza wartość ciśnienia wymiennika ciepła, musi być zapewniony zawór redukujący ciśnienie. Skonsultować się z producentem wymiennika ciepła w sprawie informacji o wymienniku ciepła¹¹.

- Wymiennik ciepła i rurociąg wody muszą być zabezpieczone przed zamarzaniem, jeżeli temperatura otoczenia może spadać poniżej 32°F (0°C).
- Zalecane opcje obejmują termostatyczny zawór wody (nie elektryczny) do modulowania przepływu wody w odpowiedzi na temperaturę płynu chłodzącego oraz normalnie zamknięty, zasilany bateryjnie zawór odcinający do zamykania wody, gdy agregat nie pracuje.
- Dla odprowadzania **Ciepła Usuwanego do Płynu Chłodzącego** musi być dostateczny przepływ surowej wody podany w Arkuszu Specyfikacji agregatu prądowórczego. Należy zauważyć, że dla każdego 1 °F wzrostu temperatury, galon wody absorbuje około 8 BTU (brytyjska jednostka ciepła) (ciepło właściwe). Zaleca się również, aby woda surowa opuszczająca wymiennik ciepła nie przekraczała 140°F (60°C). W związku z tym:

¹¹ Dane dla wymienników ciepła zakładanych na produktach Cummins Power Generation, które są wyposażone w montowane na podstawie wymienniki ciepła, są dostępne w Cummins Power Suite.

$$\text{Wymagana woda surowa (galon/min)} = \frac{\text{Odprowadzane ciepło } \left(\frac{\text{Btu}}{\text{min}} \right)}{\Delta T (F) \cdot c \left(\frac{8 \text{ Btu}}{\text{F-Gallon}} \right)}$$

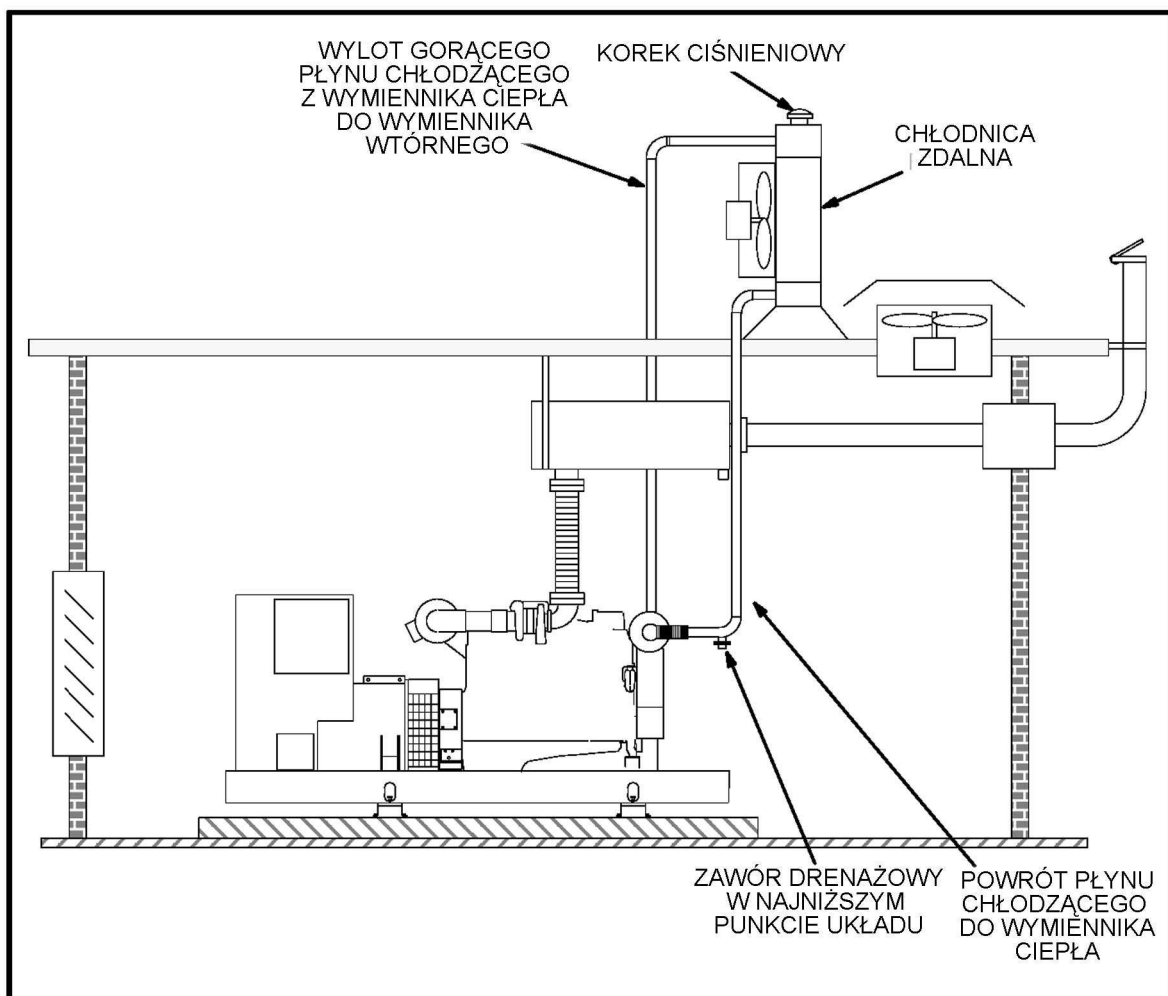
$$\text{Wymag. woda surowa} = \frac{19,200}{60 \cdot 8} = \text{galon/min}$$

gdzie:

ΔT = Wzrost temperatury wody w rdzeniu
 c = Ciepło właściwe wody

Jeżeli agregat wydziela 19.200 BTU na minutę i temperatura wody surowej na wlocie wynosi 80°F, umożliwia to wzrost temperatury wody o 60°F;

Systemy z dwoma wymiennikami ciepła: Układy chłodzenia z dwoma wymiennikami ciepła (**Rysunek 6-21**) mogą być trudne do zaprojektowania i wdrożenia, zwłaszcza, jeżeli do chłodzenia wymiennika ciepła jest wykorzystywany wtórny układ chłodzenia, taki, jak chłodnica. W takich sytuacjach urządzenie zdalne może być znacznie większe, niż spodziewane, ponieważ zmiana temperatury w wymienniku – ciepła jest stosunkowo mała. Te systemy powinny być zaprojektowane dla zastosowań szczególnych,



Rysunek 6-21. System z dwoma wymiennikami ciepła (z wtórną chłodnicą typu płyn-powietrze).

uwzględniających wymagania silnika, wymiennika ciepła typu płyn-płyn, oraz zdalnego wymiennika ciepła¹².

Zastosowania z wieżą chłodniczą: Systemy z wieżą chłodniczą mogą być stosowane w zastosowaniach, w których temperatura otoczenia nie opada poniżej zera i w których poziom wilgotności jest wystarczająco niski dla umożliwienia skutecznego działania systemu. Typowy układ urządzeń jest pokazany na **Rysunku 6-22**.

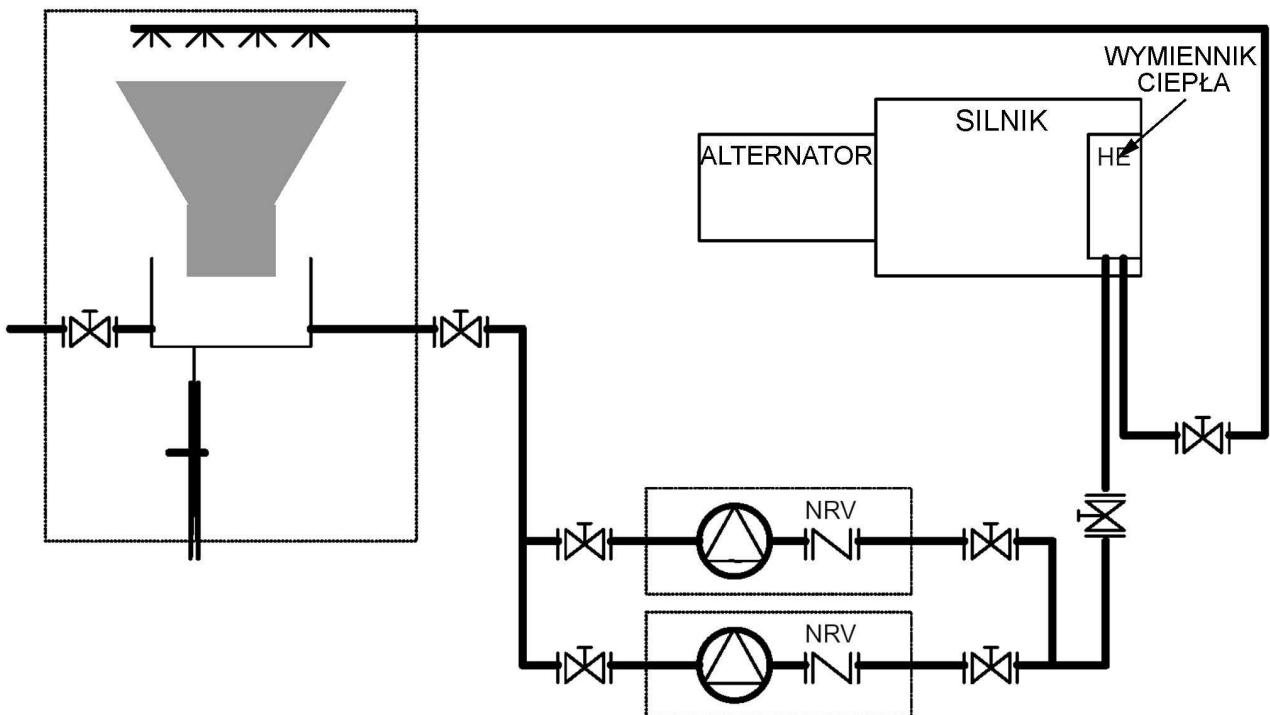
Systemy z wieżą chłodniczą zwykle wykorzystują montowany na podstawie wymiennik ciepła, którego strona „zimna” jest podłączona do wieży chłodniczej. Bilans systemu składa się z pompy wody „surowej” (silnikowa pompa chłodzenia pompuje płyn chłodzący na „gorącą” stronę systemu) do pompowania wody chłodzącej na górę wieży chłodniczej, gdzie jest ona ochładzana, a następnie wraca do wymiennika

¹² Montowane na podstawie wymienniki ciepła dostarczane przez Cummins Power Generation zwykle nie nadają się do stosowania w zastosowaniach z dwoma wymiennikami ciepła. Układy podwójnych wymienników ciepła wymagają starannie dopasowanych elementów składowych.

ciepła agregatu prądowórczego. Trzeba zauważyć, że system wymaga urządzeń uzdatniania wody, ponieważ odparowywanie będzie stale zmniejszać ilość wody chłodzącej w systemie. Strona „gorąca” układu wymiennika ciepła jest podobna do opisanej wcześniej dla montowanego na podstawie wymiennika ciepła.

Chłodzenie paliwa chłodnicami zdalnymi

Dla spełniania wymagań szczególnych silników, agregaty prądowórcze czasami zawierają ochładzające paliwa. Jeżeli silnik jest wyposażony w oddzielny ochładzacz paliwa, te wymagania chłodzenia muszą być ujęte w projekcie układu chłodzenia. Ni często jest to możliwe, a często niezgodne z przepisami prowadzić rurociąg paliwowy do miejsca zdalnego. Jednym podejściem mogłoby być włączenie chłodnicy i wentylatora dla chłodzenia paliwa w obszarze generatora i doliczyć odprowadzanie ciepła w projekcie wentylacji pomieszczenia. Innym podejściem może być system chłodzenia typu wymiennika ciepła wykorzystujący zdalną chłodnicę lub oddzielne doprowadzanie wody do strony płynu chłodzącego.



Rysunek 6-22. Schemat reprezentatywnego zastosowania wieży chłodniczej.

Obliczenia rur układu chłodzenia

Wstępny układ rurociągu dla systemu chłodzenia ze zdalną chłodnicą pokazany na Rysunku 6-16 podaje 60 stóp rury o średnicy 3 cali, trzy kolana o dużym promieniu, dwa zawory zasurowe do odcinania chłodnicy w celu obsługi serwisowej silnika oraz trójnik do podłączania przewodu napełniania/dopełniania. Arkusz Specyfikacja zalecanego agregatu prądowórczego podaje, że przepływ wynosi **123 GPM** (galonów/min) i że dopuszczalne ciśnienie tarcia wynosi **5 PSI**.

Ta procedura zawiera określanie straty ciśnienia (ciśnienie tarcia) powodowaną przez każdy element, a następnie porównywanie sumy strat ciśnienia z maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniem tarcia.

1. Określić stratę ciśnienia w chłodnicy poprzez sprawdzenie w danych producenta chłodnicy. Dla tego przykładu, przyjmijmy, że strata ciśnienia wynosi 1 psi przy przepływie 135 gpm (galonów/min).
2. Znaleźć równoważne długości wszystkich złączy i zaworów, korzystając z Tabeli 6-3 i dodać do całkowitego przebiegu prostych rur.

Trzy kolana o dużym promieniu – 3 x 5,2 15,6
 Dwa zawory zasurowe (otwarte) – 2 x 1,7 3,4
 Trójnik (przebieg prosty) 5,2
 60 stóp prostych rur 60,0
Równoważna długość rury (w stopach) 84,2

3. Znaleźć przeciwiśnienie przy danym przepływie na jednostkę długości rury dla nominalnej średnicy rury zastosowanej w tym systemie. W tym przykładzie, zastosowana jest rura o średnicy nominalnej 3 cale. Podążając po liniach przerywanych na Rysunku 6-23, 3-calowa rura powoduje stratę ciśnienia około **1,65 psi na 100 stóp rury**.
4. Obliczyć stratę ciśnienia w rurociągu następująco:

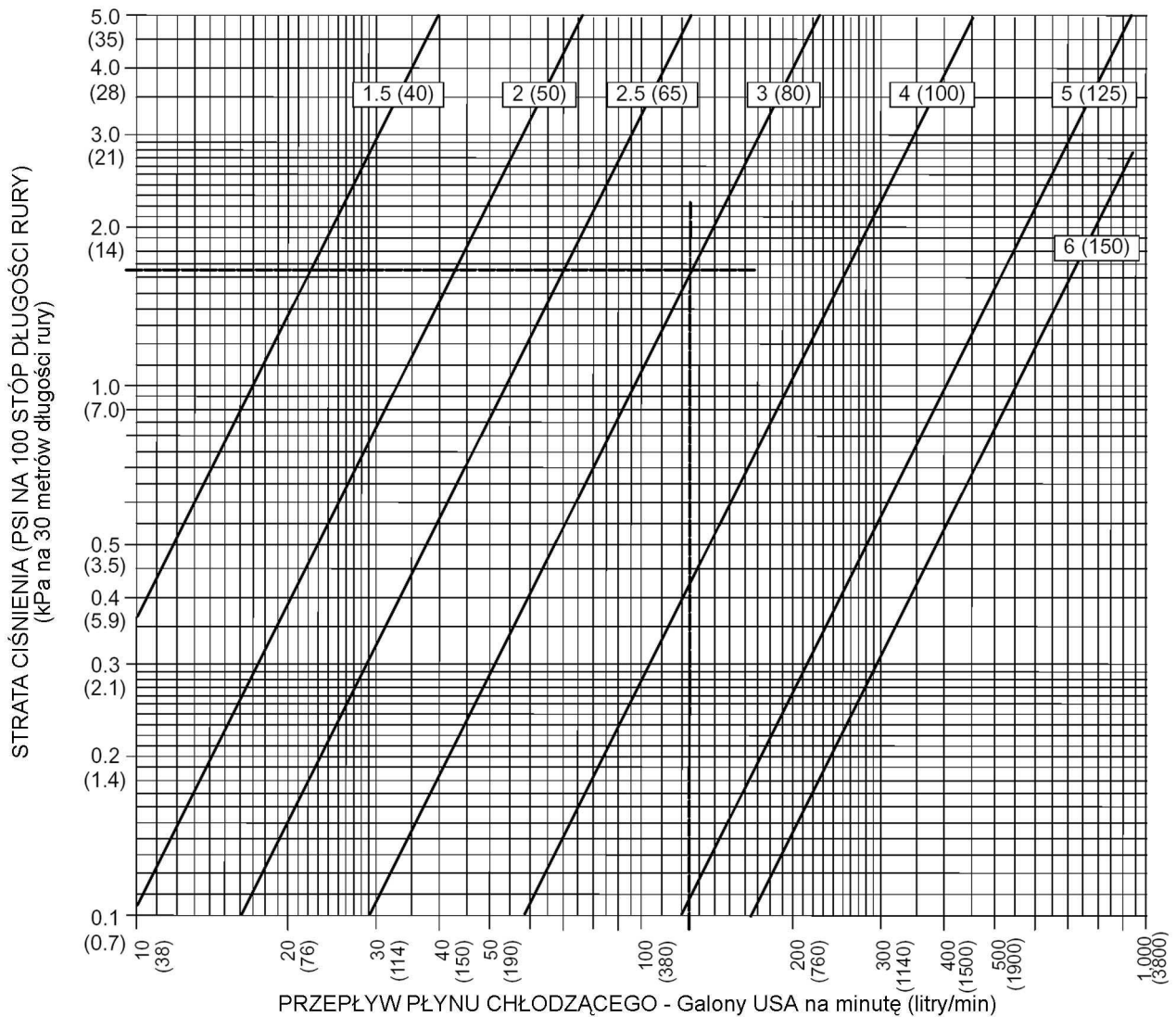
$$\text{Strata w rurociągu} = 84.2 \text{ stóp} \times \frac{1.65 \text{ psi}}{100 \text{ stóp}} = 1.39 \text{ psi}$$

5. Całkowita strata w systemie jest sumą strat w rurociągu i w chłodnicy:

$$\text{Całkowita strata ciśnienia} = 1,39 \text{ psi rurociągu} + 1,00 \text{ psi chłodnicy} = 2,39 \text{ psi.}$$

RODZAJ ZŁĄCZA	NOMINALNY ROZMIAR RURY W CALACH (MILIMETRACH)										
	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	3,5 (90)	4 (100)	5 (125)	6 (150)	8 (200)	10 (250)	12 (300)	14 (350)
90° standardowe kolano lub przebieg przez trójnik zredukowany ½	1,7 (0,5)	2,1 (0,6)	2,6 (0,8)	3,5 (1,1)	4,1 (1,2)	5,2 (1,6)	6,2 (1,9)	7,7 (2,3)	10 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)
90° kolano o dużym promieniu lub prosty przebieg przez trójnik	1,1 (0,3)	1,4 (0,4)	1,8 (0,5)	2,3 (0,7)	2,7 (0,8)	3,5 (1,1)	4,2 (1,3)	5,2 (1,6)	6,8 (2,1)	8,5 (2,6)	10 (3,0)
Kolano 45°	0,8 (0,2)	1,0 (0,3)	1,2 (0,4)	1,6 (0,5)	1,9 (0,6)	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)
Ciasne wygięcie zwrotne	4,1 (1,2)	5,1 (1,6)	6,5 (2,0)	8,5 (2,6)	9,9 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)	19 (5,8)	25 (7,6)	31 (9,4)	37 (11,3)
Trójnik, boczny wlot lub wylot	3,3 (1,0)	4,2 (1,3)	5,3 (1,6)	7,0 (2,1)	8,1 (2,5)	10 (3,0)	12 (3,7)	16 (4,9)	20 (6,1)	25 (7,6)	31 (9,4)
Zawór stopowy i filtr siatkowy	3,7 (1,1)	4,9 (1,5)	7,5 (2,3)	8,9 (2,7)	11 (3,4)	15 (4,6)	18 (5,5)	22 (6,7)	29 (8,8)	36 (11,0)	46 (14,0)
Kłapowy zawór zwrotny, całkowicie otwarty	4,3 (1,3)	5,3 (1,6)	6,8 (2,1)	8,9 (2,7)	10 (3,0)	13 (4,0)	16 (4,9)	20 (6,1)	26 (7,9)	33 (10,1)	39 (11,9)
Zawór o korpusie kulistym, całkowicie otwarty	19 (5,8)	23 (7,0)	29 (8,8)	39 (11,9)	45 (13,7)	58 (17,70)	69 (21,0)	86 (26,2)	113 (34,4)	142 (43,3)	170 (51,8)
Zawór kątowy, całkowicie otwarty	9,3 (2,8)	12 (3,7)	15 (4,6)	19 (5,8)	23 (7,0)	29 (8,8)	35 (10,7)	43 (13,1)	57 (17,4)	71 (21,6)	85 (25,9)
Zawór zasurowy, całkowicie otwarty	0,8 (0,2)	1,0 (0,3)	1,2 (0,4)	1,6 (0,5)	1,9 (0,6)	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)

Tabela 6-3. Równoważne długości złączy rur i zaworów w stopach (metrach)



Rysunek 6-23. Straty ciśnienia tarcia dla rur o danej średnicy w calach (mm)

6. Obliczenie dla tego przykładu wskazuje, że układ systemu ze zdalną chłodnicą jest adekwatny pod względem ciśnienia tarcia płynu chłodzącego, ponieważ nie jest większe, niż dopuszczalne ciśnienie tarcia. Jeżeli obliczenie wskazuje nadmierne ciśnienie tarcia płynu chłodzącego, należy powtórzyć te obliczenia stosując rurę o średnicy następnej większej. Porównać zalety i wady stosowania większej rury z zaletami i wadami pomocniczej pompy płynu chłodzącego.

Uzdatnianie płynu chłodzącego: W celu obniżenia punktu zamarzania płynu chłodzącego i podniesienia punktu wrzenia mieszana jest woda z płyn przeciwzamarzaniu (na bazie glikolu etylenowego lub propylenowego). W celu określenia stężenia glikolu

etylenowego lub propylenowego niezbędnego dla zabezpieczenia przed najniższą spodziewaną temperaturą – patrz **Tabela 6-4**. Dla większości zastosowań zalecane są składy procentowe mieszanki płynu przeciwzamarzaniu/wody w zakresie 30/70 do 60/40.

UWAGA: Płyn przeciwzamarzaniu na bazie glikolu propylenowego jest mniej trujący, niż na bazie glikolu etylenowego, oferuje doskonałą ochronę tulei cylindrowych i eliminuje pewne wymagania dotyczące rozlania i usuwania płynu. Jednakże, nie jest on tak skutecznym płynem chłodzącym, jak glikol etylenowy, więc przy stosowaniu glikolu propylenowego skuteczność układu chłodzenia (maksymalna temperatura pracy przy pełnym obciążeniu) będzie nieco mniejsza.

Agregaty prądotwórcze Cummins Power Generation, 125/100 kW i większe, są wyposażone w wymienne elementy filtrowania i uzdatniania płynu chłodzącego dla zminimalizowania zanieczyszczenia i korozji układu płynu chłodzącego. Są one zgodne z większością receptur płynów niezamarzających. Dla mniejszych agregatów, płyn niezamarzający powinien zawierać inhibitor korozji.

Agregaty prądotwórcze a silnikami, które posiadają wymienne tuleje cylindrowe wymagają uzupełniających dodatków do płynu chłodzącego (SCA) w celu ochrony przed powodowaniem wżerów i korozją tulei, jak podano w podręcznikach obsługi silnika i agregatu prądotwórczego.

Wentylacja

Wskazówki ogólne

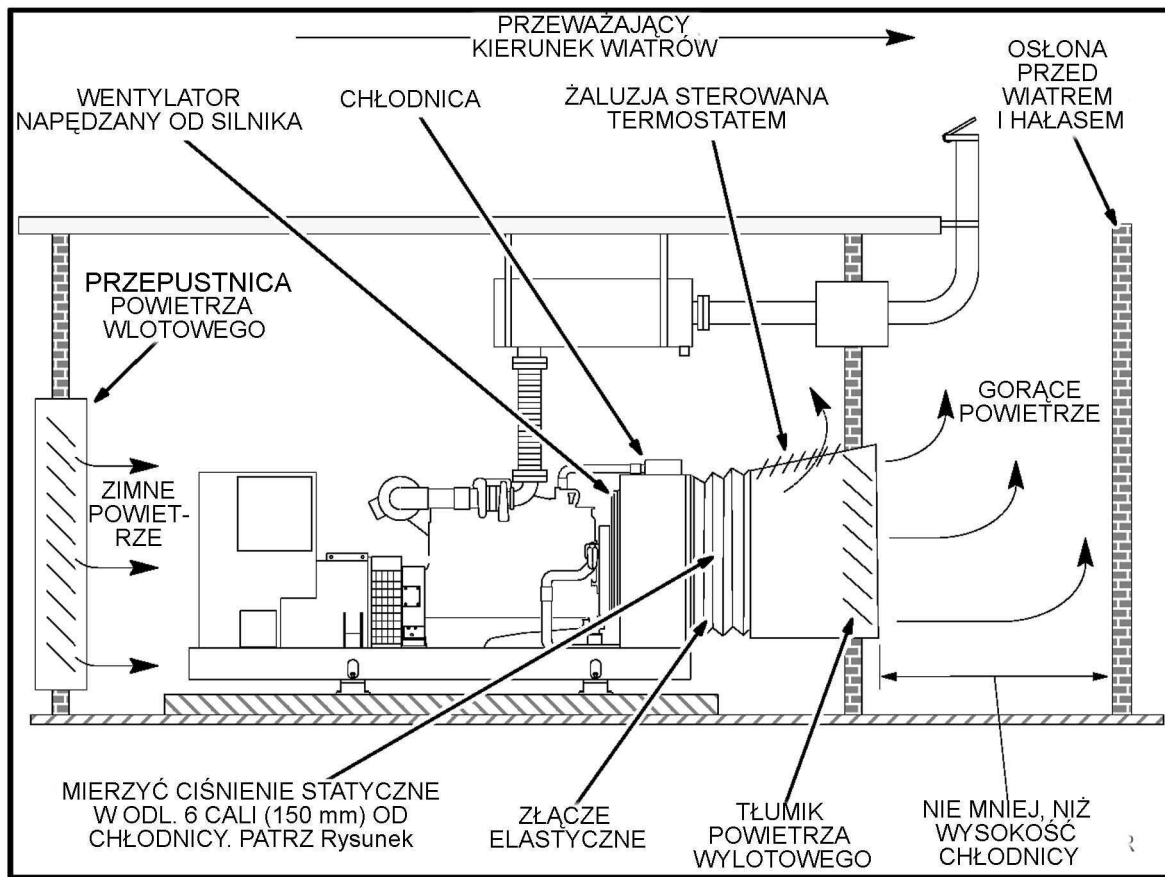
Wentylacja pomieszczenia generatora jest konieczna do odprowadzania ciepła wydzielanego przez silnik, alternator i inne urządzenia wytwarzające ciepło w pomieszczeniu agregatu, jak również do usuwania potencjalnie niebezpiecznych dymów wydechowych

i dla dostarczania powietrza do spalania. Złe zaprojektowanie systemu wentylacji prowadzi do wysokich temperatur otoczenia wokół agregatu prądotwórczego, co może spowodować większe zużycie paliwa, złą pracę agregatu prądotwórczego, przedwczesne zużycie elementów składowych oraz przegrzewanie silnika. Powoduje to również złe warunki pracy wokół maszyny.

Wybór miejsc wlotu i wylotu wentylacji jest krytyczny dla prawidłowego działania systemu. Najlepiej gdy wlot i wylot umożliwiają wymuszenie przepływu powietrza wentylującego przez całe pomieszczenie generatora. Podczas określania miejsca wylotu powietrza trzeba uwzględniać wpływy przeważających wiatrów. Te wpływy mogą poważnie pogorszyć działanie zamontowanej na podstawie chłodnicy. Jeżeli są wątpliwości co do prędkości i kierunku wiatru, dla uniemożliwienia wdmuchiwania wiatru do wylotu powietrza od silnika, mogą być zastosowane ściany osłonowe (Patrz **Rysunek 6-24**). Należy również zwracać uwagę, by unikać wylotu wentylacji do regionu recyrkulacji budynku, który tworzy się z powodu przeważającego kierunku wiatrów.

RODZAJ MIESZANINY		SKŁADY PROCENTOWE MIESZANINY (ŚRODEK PRZECIWZAMARZANIU/WODA)					
		0/100	30/70	40/60	50/50	60/40	95/5
GLIKOL ETYLENOWY	PUNKT ZAMARZANIA	32°F (0°C)	40°F (-16°C)	-10°F (-23°C)	-34°F (-36°C)	-65°F (-54°C)	8°F (-13°C)
	PUNKT WRZENIA	212°F (100°C)	220°F (104°C)	212°F (100°C)	216°F (108°C)	230°F (110°C)	212°F (100°C)
GLIKOL PROPYLENOWY	PUNKT ZAMARZANIA	32°F (0°C)	10°F (-12°C)	-6°F (-21°C)	-27°F (-33°C)	-56°F (-49°C)	-70°F (-57°C)
	PUNKT WRZENIA	212°F (100°C)	216°F (102°C)	219°F (104°C)	222°F (106°C)	225°F (107°C)	320°F (160°C)

Tabela 6-4. Punkty zamarzania i wrzenia dla różnych stężeń płynu przeciw zamarzaniu



Rysunek 6-24. Montowane w fabryce chłodzenie chłodnicą

Powietrze wentylacyjne, które jest zanieczyszczone pyłem, włóknami, lub innymi materiałami może wymagać specjalnych filtrów na silniku i/lub alternatorze dla umożliwienia prawidłowej pracy i chłodzenia, zwłaszcza w zastosowaniach zasilania głównego. W celu uzyskania informacji o użytkowaniu agregatów prądowłórczych w środowiskach, które zawierają zanieczyszczenia chemiczne, proszę się konsultować z fabryką.

Systemy wentylacji skrzyni korbowej silnika mogą wyrzucać do pomieszczenia agregatu prądowłórczego powietrze zawierające olej. Ten olej może następnie odkładać się na chłodnicach lub innych urządzeniach wentylacyjnych, pogarszając ich działanie. Najlepszą praktyką jest stosowanie pułapek na odpowietrznikach układu wentylacji skrzyni korbowej, lub wentylowanie skrzyni korbowej na zewnątrz.

Należy przykładać uwagę do prędkości wlotowej powietrza wprowadzanego do pomieszczenia agregatu prądowłórczego. Jeżeli szybkość przepływu powietrza jest zbyt duża, agregaty prądowłórcze będą miały skłonność do wciągania deszczu lub śniegu

do pomieszczeń agregatów podczas ich pracy. Dobrym celem projektowania jest ograniczanie prędkości powietrza do zakresu 500 – 700 stóp/min (150 – 220 m/min).

W klimatach zimnych, powietrze opuszczające chłodnicę może być recyrkulowane i wykorzystywane do modulowania temperatury otaczającego powietrza w pomieszczeniu agregatu prądowłórczego. Pomoże to w szybszym nagrzewaniu się agregatu prądowłórczego i w utrzymywaniu temperatur paliwa powyżej punktu mętnienia. Jeżeli stosowane są przepustnice recyrkulacji, powinny one być zaprojektowane jako „zamknięte w przypadku awarii”, przy otwartych głównych przepustnicach wylotowych, tak, aby agregat prądowłórczy mógł kontynuować pracę, jeśli trzeba. Projektanci powinni być świadomi, że temperatura pracy pomieszczenia agregatu prądowłórczego będzie bardzo zbliżona do temperatury na zewnątrz, i albo nie prowadzić rurociągów wody przez pomieszczenie agregatu prądowłórczego, albo zabezpieczyć je przed zamarzaniem.

W miarę, jak powietrze wentylujące przepływa przez pomieszczenie urządzeń, stopniowo wzrasta jego temperatura, zwłaszcza, gdy przemieszcza się przez agregat prądowórczy. Patrz Rysunek 6-25. Może to prowadzić do nieporozumień co do wartości temperatur agregatu prądowórczego i całego systemu. praktyką Cummins Power Generation jest dostosowywanie układu chłodzenia do temperatury panującej wokół alternatora. Wzrost temperatury w pomieszczeniu jest różnicą pomiędzy temperaturą zmierzoną przy alternatorze, a temperaturą na zewnątrz. Temperatura rdzenia chłodnicy nie wpływa na projekt systemu, ponieważ ciepło chłodnicy jest usuwane bezpośrednio na zewnątrz pomieszczenia urządzeń.

Dobrym celem projektowania jest utrzymywanie pomieszczenia urządzeń w temperaturze nie wyższej, niż 125°F (50°C). Jednakże ograniczenie temperatury pomieszczenia agregatu prądowórczego do 100°F (40°C) pozwoli na wyposażenie agregatu prądowórczego w mniejszy, tańszy pakiet montowanej na podstawie chłodnicy i wyeliminowanie potrzeby zmniejszania obciążania silnika z powodu podwyższonych temperatur powietrza do spalania¹³. Upewnić się, że specyfikacje konstrukcji dla agregatu prądowórczego w pełni opisują założenia zastosowane w projekcie systemu wentylacyjnego – dla agregatu prądowórczego.

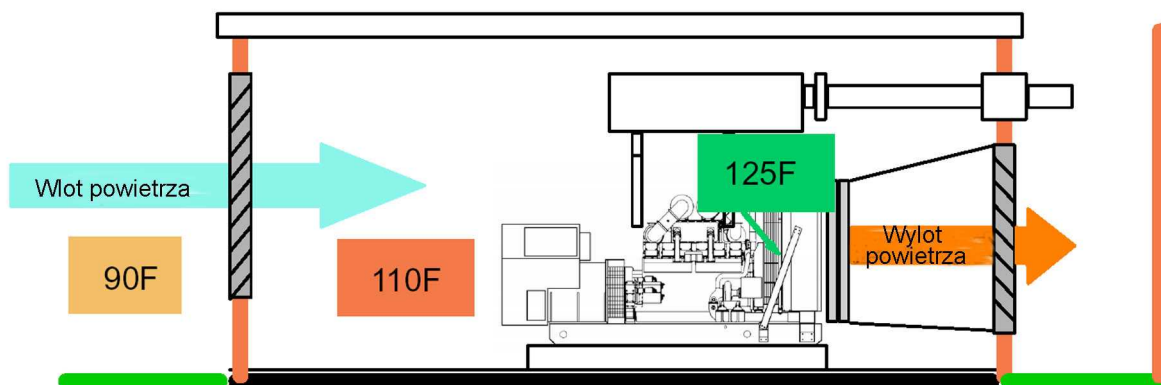
¹³ Sprawdzić dane producenta silnika w celu uzyskania informacji o praktyce zmniejszania obciążenia dla danego silnika. Informacje o produktach Cummins Power Generation znajdują się w Power Suite.

Powstaje następnie realne pytanie, „Jaka jest maksymalna temperatura powietrza na zewnątrz, gdy agregat prądowórczy będzie wzywany do działania?” Jest to po prostu kwestia maksymalnej temperatury otoczenia w regionie geograficznym, w którym instalowany jest agregat prądowórczy.

Na przykład w niektórych obszarach na północy Stanów Zjednoczonych, maksymalna temperatura prawdopodobnie nie będzie przekraczać 90°F. Więc projektant powinien dobrać elementy składowe systemu wentylacji opierając się na wzroście temperatury o 10°F przy temperaturze układu chłodzenia agregatu prądowórczego 100°F, lub na podstawie wzrostu temperatury o 35°F przy temperaturze układu chłodzenia agregatu prądowórczego 125°F.

Kluczem do prawidłowego działania systemu jest upewnienie się, że decyzje o maksymalnej temperaturze pracy i wzroście temperatury są podejmowane starannie, oraz że producent agregatu prądowórczego zaprojektował układ chłodzenia (nie tylko chłodnicę) dla wymaganych temperatur i wentylacji.

Wynikiem nieprawidłowego zaprojektowania będzie przegrzewanie się agregatu prądowórczego przy wysokich temperaturach otoczenia i obciążeniach agregatu prądowórczego. W niższych temperaturach lub niższych poziomach obciążeń system może pracować prawidłowo.



Rysunek 6-25. Typowe temperatury otoczenia i pracy agregatu prądowórczego.

Obliczenia przepływu powietrza

Wymagana wielkość przepływu powietrza dla utrzymania danej temperatury w pomieszczeniu generatora jest opisana wzorem:

$$m = \frac{Q}{c_p \cdot T \cdot d}$$

gdzie:

m = Wielkość przepływu masowego powietrza do pomieszczenia;
stop³/min (m³/min)

Q = odprowadzanie ciepła do pomieszczenia z agregatu prądowórczego i innych źródeł ciepła; BTU/min (MJ/min).

c_p = Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu; 0,241 BTU/funt-°F (1,01 x 10⁻³ MJ/kg-°C).

ΔT = Wzrost temperatury w pomieszczeniu agregatu prądowórczego ponad temperaturę zewnętrzną; °F (°C).

d = Gęstość powietrza; 0,0754 funta/stop³ (1,21 kg/m³).

Co można zredukować do:

$$m = \frac{Q}{0.241 \cdot 0.0754 \cdot \Delta T} = \frac{55.0Q}{\Delta T} \text{ (stóp}^3\text{/min)}$$

OR:

$$m = \frac{Q}{(1.01 \cdot 10^3) \cdot 1.21 \cdot \Delta T} = \frac{818Q}{\Delta T} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Całkowity przepływ powietrza wymagany w pomieszczeniu jest wartością obliczana z tego równania, plus powietrze spalania wymagane dla silnika¹⁴.

W tych obliczeniach głównymi czynnikami są oczywiście ciepło promieniowane przez agregat prądowórczy (i inne urządzenia w pomieszczeniu) i maksymalny dopuszczalny wzrost temperatury.

Ponieważ odprowadzanie ciepła do pomieszczenia jest głównie związane z wielkością mocy kW agregatu prądowórczego, a ta wielkość jest regulowana przez zapotrzebowanie obciążenia elektrycznego budynku, główna decyzja dotycząca wentylacji, którą musi podjąć projektant, to jaki wzrost temperatury jest dopuszczalny dla pomieszczenia.

¹⁴ Dane wymagane do obliczeń dla danych agregatów prądowórczych Cummins Power Generation można znaleźć w Cummins Power Suite. Dla wyrobów od różnych producentów mogą być znaczne różnice w zmiennych wykorzystywanych w tych obliczeniach.

Testowanie w terenie systemów wentylacji

Ponieważ trudno jest przetestować prawidłowość działania, jedynym czynnikiem do sprawdzania podczas testowania systemu jest wzrost temperatury w pomieszczeniu w aktualnych warunkach pracy, w stosunku do zaprojektowanego wzrostu temperatury. Jeżeli wzrost temperatury przy pełnym obciążeniu i niższych temperaturach otoczenia jest taki, jak przewidywano, jest bardzo prawdopodobne, że system będzie działał prawidłowo przy wyższych temperaturach otoczenia i poziomach obciążeń.

Dla wstępnego kwalifikowania projektu systemu wentylacji może być zastosowana następująca procedura:

1. Pracować agregatem prądowórczym z pełnym obciążeniem (współczynnik mocy 1,0 jest dopuszczalny) dostatecznie długo dla ustabilizowania się temperatury płynu chłodzącego. Zajmie to około 1 godzinę.
2. Przy nadal pracującym agregacie prądowórczym z obciążeniem znamionowym, zmierzyć temperaturę otaczającego powietrza w pomieszczeniu agregatu prądowórczego przy wlocie do filtra powietrza.
3. Zmierzyć temperaturę powietrza na zewnątrz (w cieniu).
4. Obliczyć różnicę temperatur pomiędzy temperaturą zewnętrzną i temperaturą pomieszczenia agregatu prądowórczego.
5. Zweryfikować, czy zaprojektowany wzrost temperatury pomieszczenia generatora nie jest przekroczony i czy nie jest przekroczona maksymalna temperatura w górnym zbiorniku silnika.

Jeżeli przekroczony jest albo projektowany wzrost temperatury, albo temperatura w górnym zbiorniku, w celu zweryfikowania prawidłowego zaprojektowania systemu będzie potrzebne bardziej szczegółowe przetestowanie obiektu albo korekty w projekcie systemu.

Wentylacja chłodnicy zamontowanej na podstawie

W tej konfiguracji (Rysunek 6-24), wentylator wyciąga powietrze poprzez otwory wlotu powietrza w przeciwnej ścianie, przez agregat prądowórczy, i przepuszcza powietrze przez chłodnicę, która posiada kominieże do podłączania kanału prowadzącego na zewnątrz budynku.

Należy rozważyć następujące sprawy:

- Lokalizacja pomieszczenia generatora musi być taka, aby powietrze wentylacyjne mogło być pobierane bezpośrednio z zewnątrz i wyprowadzane

bezpośrednio na zewnątrz budynku. Powietrze wentylacyjne nie powinno być pobierane z sąsiednich pomieszczeń. Wydech również powinien być wyprowadzany na stronę budynku, gdzie jest wylot powietrza z chłodnicy, w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa pobierania gazów wydechowych i sadzy do pomieszczenia generatora z powietrzem wentylacyjnym.

- Otwory wlotu i wylotu powietrza wentylacyjnego powinny być tak umieszczone, lub osłonięte, aby zminimalizować hałas wentylatora i wpływy wiatru na przepływ powietrza. Gdy jest zastosowana, osłona wylotu powinna być wysunięta z otworu wylotu nie mniej, niż wynosi wysokość chłodnicy. Lepsze wyniki są osiągane, gdy jest to około 3-ktorna wysokość chłodnicy. W miejscach ograniczonych, obrotowe owiewki pomogą zmniejszyć ograniczenie powodowane przez bariery dodawane do systemu. Gdy są one zastosowane, zapewnić odpływ opadów atmosferycznych, tak, by nie były wprowadzane do pomieszczenia generatora.
- Przepływ powietrza przez chłodnicę jest zwykle wystarczający dla wentylacji pomieszczenia generatora. Metoda określania przepływu powietrza wymaganego do spełniania warunków specyfikacji wzrostu temperatury powietrza w pomieszczeniu – patrz przykład obliczeń (w części Obliczenia przepływu powietrza w tym rozdziale).
- Projekt przepływu powietrza przez chłodnicę i dopuszczalne ograniczenie przepływu powietrza - patrz Arkusz Specyfikacji zalecanego agregatu prądotwórczego. **Dopuszczalne ograniczenie przepływu powietrza nie może być przekroczone.** Ciśnienie statyczne (ograniczenie przepływu powietrza) powinno być mierzone jak na Rysunkach 6-24, 6-26 i 6-27, w celu potwierdzenia, zanim agregat zostanie przekazany do pracy, że system nie jest zbyt ograniczający. Jest to szczególnie ważne, gdy powietrze wentylacyjne jest doprowadzane i wyprowadzane poprzez długie kanały, ograniczające kraty, siatki i żaluzje.

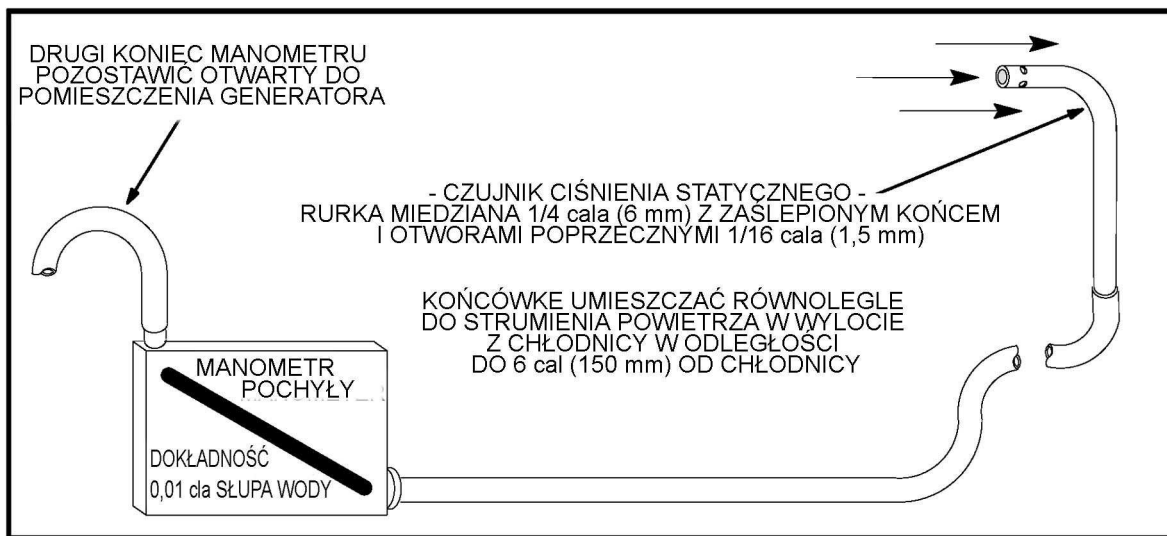
W przeszłości były stosowane lub nawet publikowane reguły oparte na praktyce dla dobierania wielkości wlotów i wylotów powietrza wentylacyjnego, ale ostatnio zostały one znacznie zaniedbane. Z powodu dużych zmian w działaniu żaluzji oraz większych wymagań instalacji dotyczących przestrzeni, hałasu, itp., te reguły praktyczne okazały się niepewne. Generalnie, producenci żaluzji posiadają łatwo dostępne wykresy ograniczenia w funkcji przepływu powietrza. Te wykresy, w połączeniu z konstrukcją kanałów i wszelkimi innymi ograniczeniami mogą być łatwo porównywane z publikowanymi specyfikacjami agregatu prądotwórczego, dając rzetelną metodę określania dopuszczalnych poziomów ograniczeń.

- Dla instalacji w Ameryce Północnej, w celu uzyskania zaleceń dotyczących konstrukcji kanałów, jeżeli wymagane są kanały powietrzne dla danego zastosowania, należy sprawdzić publikacje ASHRAE (Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Ogrzewania, Chłodnictwa i Klimatyzacji). Należy zauważyć, że kanał wlotowy musi przepuszczać przepływ powietrza do spalania (patrz Arkusz Specyfikacji), jak również przepływ powietrza wentylacyjnego i musi być odpowiednio dostosowany wymiarowo.
- Żaluzje i siatki na otworach wlotu i wylotu powietrza ograniczają przepływ powietrza znacząco różnią się w działaniu. Na przykład zespół żaluzji z wąskimi listwami ma tendencję do powodowania większych ograniczeń, niż zespoły z szerokimi listwami. Powinno być używane skuteczne pole powierzchni otworu podane przez producenta żaluzji lub siatki.
- Ponieważ wentylator chłodnicy będzie powodował pewne podciśnienie w pomieszczeniu generatora, stanowczo zaleca się, aby urządzenia spalające, takie, jak kotły ogrzewania budynku nie były umieszczane w tym samym pomieszczeniu, co agregat prądotwórczy. Jeżeli jest to nieuniknione, konieczne będzie określenie, czy będą szkodliwe wpływy, takie, jak ciąg wsteczny, oraz zapewnienie środków (dodatkowe duże otwory wlotu powietrza i/lub kanały, wentylatory wytwarzające ciśnienie, itp.) w celu zmniejszenia podciśnienia do dopuszczalnych poziomów.
- W klimatach zimniejszych powinny być stosowane automatyczne przepustnice do zamykania otworów wlotu i wylotu powietrza w celu zmniejszenia strat ciepła z pomieszczenia generatora, gdy agregat prądotwórczy nie pracuje. W celu zmniejszenia objętości zimnego powietrza, które jest przepuszczane przez pomieszczenie podczas pracy agregatu, do recyrkulacji części powietrza wylotowego z chłodnicy powinna być stosowana przepustnica termostatyczna. Przepustnice wlotu i wylotu muszą być całkowicie otwarte, gdy agregat startuje. Przepustnica recyrkulacji powinna być całkowicie zamknięta przy 60°F (16°C).
- Poza recyrkulacją powietrza wylotowego do pomieszczenia generatora w zimnych klimatach, cała reszta powietrza wentylacyjnego musi być wyprowadzana bezpośrednio na zewnątrz budynku. Nie może ono być wykorzystywane do ogrzewania żadnej innej przestrzeni, niż pomieszczenie generatora.
- Przy chłodnicy musi być zastosowane złącze elastyczne kanału w celu uniknięcia recyrkulacji powietrza wydalanego wokół chłodnicy, przejmowania przemieszczeń i drgań agregatu prądotwórczego i uniknięcia przewodzenia hałasu.

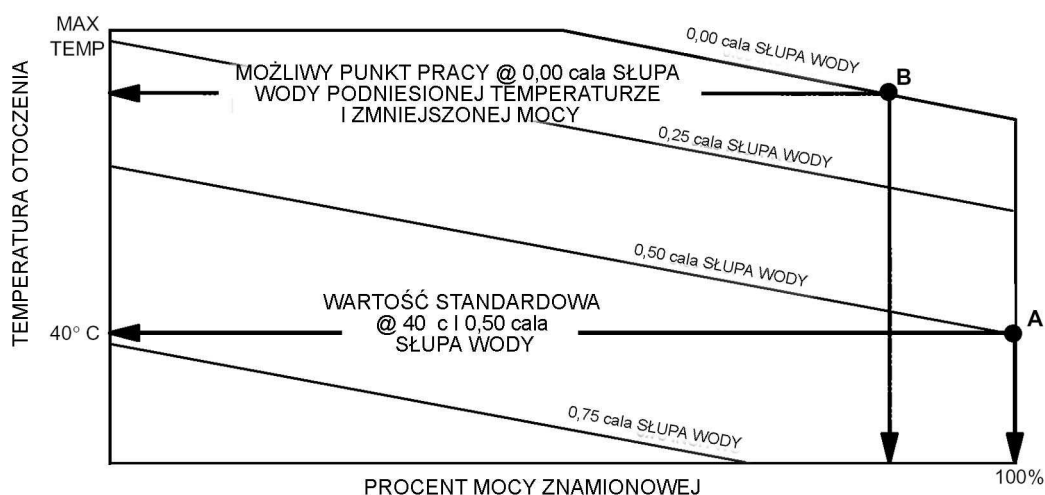
Uwaga: Adaptory kanału lub osłony chłodnicy mogą nie być zaprojektowane do utrzymywania ciężaru lub konstrukcji, oprócz adaptera złącza elastycznego. Unikać podpierania dodatkowego ciężaru/urządzeń na adapterze kanału lub osłonie chłodnicy bez odpowiedniej analizy wytrzymałości i uwzględnienia drgań.

- Zwykle agregat prądowórczy z montowaną na podstawie chłodnicą jest zaprojektowany dla wydajności chłodzenia przy pełnej mocy przy temperaturze otoczenia 40°C, pracując przy oporze przepływu zewnętrznego powietrza chłodzącego 0,50 cala słupa wody (punkt A, **Rysunek 6-27**). Opór przepływu powietrza zewnętrznego jest powodowany przez kanały, siatki,

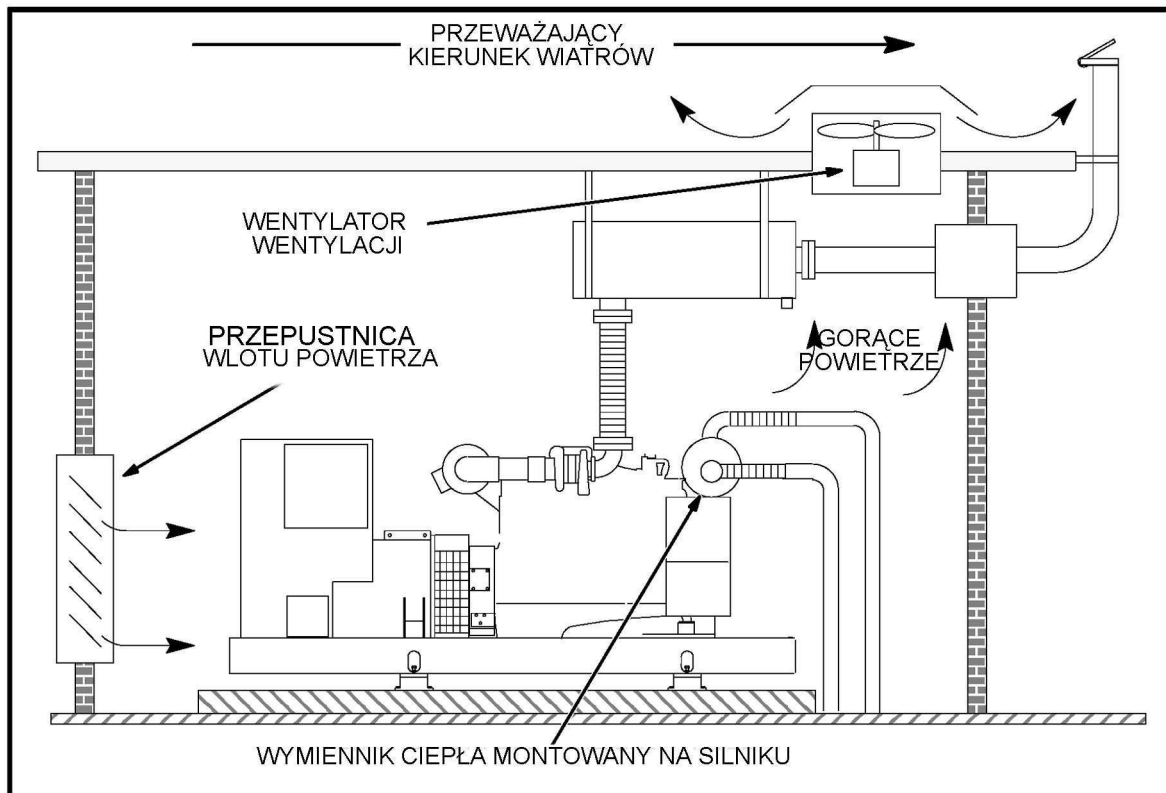
przepustnice, żaluzje, itp. Może być rozważane działanie w temperaturach otoczenia wyższych, niż temperatura projektowana (na przykład punkt B, **Rysunek 6-27**), jeżeli dopuszczalne jest zmniejszenie dopuszczalnego obciążenia i/lub opór przepływu powietrza chłodzącego jest mniejszy, niż opór przepływu powietrza chłodzącego, przy którym wydajność chłodzenia była testowana. (Mniejszy opór oznacza większy przepływ powietrza przez chłodnicę, przesuwając wpływ wyższej temperatury powietrza na zdolność chłodzącą chłodnicy). W celu uzyskania dopuszczalnej zdolności chłodzącej agregatu prądowórczego przy podwyższonej temperaturze otoczenia, wymagane jest ściśle konsultowanie się z fabryką.



Rysunek 6-26. Zalecane oprzyrządowanie dla pomiaru ograniczenia przepływu powietrza



Rysunek 6-27. Rysunek zdolności chłodzącej w podwyższonych temperaturach otoczenia



Rysunek 6-28. Wentylacja dla systemu chłodzenia z wymiennikiem ciepła.

Wentylacja w zastosowaniach z wymiennikiem ciepła lub zdalną chłodnicą

Z powodu uwzględniania hałasu lub ponieważ ograniczenia przepływu powietrza przez długie kanały byłyby większe, niż dozwolone dla wentylatora chłodnicy napędzanego od silnika, może być wybierany system z wymiennikiem ciepła (Rysunek 6-28), lub zdalną chłodnicą. Należy rozważyć następujące sprawy:

- Dla pomieszczenia generatora muszą być przewidziane wentylatory wentylacji. Wentylatory wentylacji muszą mieć wydajność przemieszczania wymaganego przepływu powietrza wentylacyjnego pokonującego ograniczenia przepływu powietrza. W celu poznania metody określania przepływu powietrza wymaganego dla wentylacji – patrz poniższy przykład obliczeń.
- Wentylator zdalnej chłodnicy musi być dobrany wielkością przede wszystkim dla chłodzenia chłodnicy. Zależnie od jego lokalizacji, może on być również wykorzystywany do wentylowania pomieszczenia generatora. Lokalizacje wentylatora i wlotu powietrza muszą być takie, aby powietrze wentylacyjne było przeprowadzane przez agregat.

Generalnie, systemy zdalnego chłodzenia posiadają więcej obciążeń pasożytniczych, więc w tych zastosowaniach z agregatu prądotwórczego jest dostępna nieco mniejsza moc kW. Należy pamiętać dodać te obciążenia pasożytnicze do całkowitego zapotrzebowania na obciążenia agregatu prądotwórczego.

Przykład obliczeń przepływu powietrza wentylacyjnego

Arkusze Specyfikacji zalecanego agregatu prądotwórczego wskazuje, że ciepło promieniowane do pomieszczenia z agregatu prądotwórczego (silnik i generator) wynosi 4.100 BTU/min. Tłumik i 10 stóp rury wydechowej o średnicy 5 cali znajdują się również wewnątrz pomieszczenia generatora. Określić przepływ powietrza wymagany do ograniczenia wzrostu temperatury pomieszczenia do 30°F.

1. Dodać wartości wejściowe ciepła do pomieszczenia zew wszystkich źródeł. Tabela 6-5 wskazuje, że strata ciepła z 5-calowej rury wydechowej wynosi 132 BTU/min na stopę długości rury oraz 2.500 BTU/min z tłumika. Dodać wartości wejściowe ciepła do pomieszczenia następująco:

Wydzielanie ciepła z agregatu prądotw.	4.100
Ciepło z rury wydechowej – 10 x 132	1,320

Ciepło z tłumika	<u>2.500</u>
Razem ciepło do pomieszczenia generatora (BTU/min)	7.900

2. Wymagany przepływ powietrza dla przejęcia wydzielania ciepła w pomieszczeniu jest proporcjonalny do całkowitej wartości wejściowej ciepła podzielonej przez dopuszczalny wzrost temperatury powietrza w pomieszczeniu (patrz Wentylacja wcześniej w tym rozdziale):

$$m = \frac{55 \cdot 7920}{30} = 14,520 \text{ stóp}^3/\text{min}$$