„Inżynier budownictwa" nr 5, 2009

ENERGOOSZCZĘDNE ROZWIĄZANIE KLIMATYZACJI obiektu budowlanego o dużych zyskach ciepła

Autor przedstawia rozwiązania techniczne zastosowane w poznańskim centrum Stary Browar samowystarczalnym cieplnie aż w około 80%.

W nr. 12/2008 „IB" ukazał się artykuł „Projektowanie jest grą zespołową" na temat „warsztatowego" spotkania architektów miasta Poznania. Kanwą tego spotkania były sprawy związane z zastosowaną w Studiu ADS technologią projektowania obiektu znanego pod nazwą Centrum Kultury, Handlu i Biznesu „Stary Browar", który wielokrotnie wyróżniono prestiżowymi międzynarodowymi nagrodami. W toku wystąpień i dyskusji omawiano przede wszystkim architektoniczne walory tego obiektu, ale przy okazji okazało się, że wyróżnia się on także, choć niewidzialnymi, to jednak ciekawymi rozwiązaniami technicznymi. Niewątpliwie jednym z nich jest przyjęty system klimatyzacji, który sprawia, że w granicach temperatur zewnętrznych wyższych od –10°C powietrze wentylacyjne w ilości ponad 500 000 m³/h podgrzewane jest zyskami ciepła.

Rozwijając ten temat, w niniejszym artykule przedstawiony zostanie system, dzięki któremu udało się uzyskać bardzo ciekawe rezultaty sprawiające, że omawiany obiekt w około 80% jest cieplnie samowystarczalny. Aby uzyskać taki rezultat, trzeba było rozpoznać i rozwiązać wiele problemów.

Struktura bilansu cieplnego obiektu o dużych zyskach ciepła

Podstawą do każdego rozwiązania technicznego w zakresie ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji jest pełny bilans zysków i strat ciepła oraz jego analiza. Studio ADS, mając w niemal już dwudziestoletnim dorobku wiele obiektów wyróżnionych prestiżowymi krajowymi, europejskimi i światowymi nagrodami, w ostatnich latach do ich wykazu dołącza budynki typu galerie handlowe. Dwa z takich obiektów, potwierdzając prawidłowość przyjętych założeń instalacyjnych, od kilku lat znajdują się w eksploatacji. Budowa trzeciego (realizowanego w Lubinie) niebawem zostanie ukończona, a projekt czwartej galerii handlowej oczekuje na zatwierdzenie i wydanie pozwolenia na budowę.

Na poniżej przedstawionym przykładzie bilansu cieplnego, który opracowano na drugim etapie budowy Starego Browaru, można zauważyć, że obiekty tego typu wyróżniają się bardzo ciekawą strukturą potrzeb i zysków ciepła.

Projektowe zapotrzebowanie ciepła dla			Projektowana ilość powietrza wentylacyjnego	Moc zainstalowanych urządzeń zasilanych wodą 80/60°C	Dostępne zimą zyski ciepła zawarte w wodzie technologicznej o temperaturze +32°C	Stopień pokrycia potrzeb cieplnych obiektu własnymi zyskami ciepła 100 $[Q_c-Q_{80}]/Q_c$
ogrzewania	wentylacji przy t_z = -10°C	razem c.o. + wentylacja				
Q_o [kW]	Q_w [kW]	$Q_o+Q_w=Q_c$ [kW]	L_w [m³/h]	Q_{80} [kW]	Q_{dz} [kW]	%
675,0	3 290,0	3 965,0	523 000,0	493,0	4 670,0	87,56

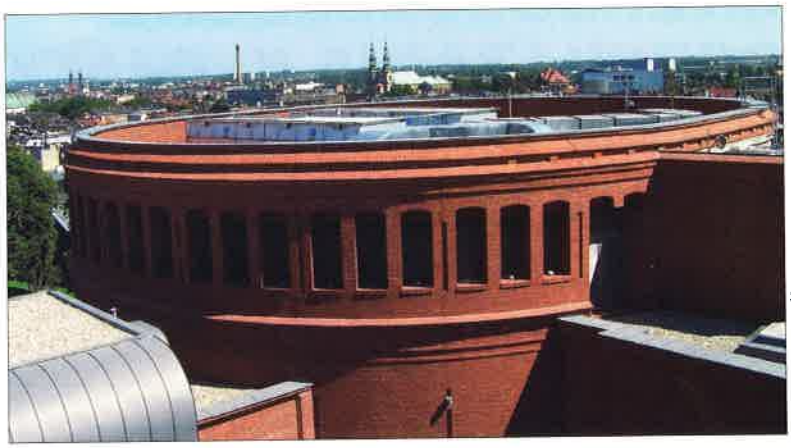
Tab. 1 | Bilans ciepła Starego Browaru

Z bilansu potrzeb i zysków cieplnych omawianego budynku wynika, że większa część jego potrzeb cieplnych może być pokryta własnymi zyskami. Jedynie klatki schodowe oraz przylegające do ścian zewnętrznych pomieszczenia techniczne i gospodarcze, a także zaplecza socjalno-biurowe większych najemców i kurtyny powietrzne zasilane są wodą o temperaturze 80/60°C. Do tego celu zarezerwowano około 493 KW. **Za utrzymanie właściwych temperatur na wszystkich powierzchniach użytkowych odpowiedzialne są pompy ciepła typu powietrze – woda.**

Aby nie marnotrawić ciepła zawartego w powietrzu wywiewanym z części handlowej, którego temperatura pod stropem pasażu przekracza 24°C, powietrze to wprowadzono do obudowanej szkłem części Dziedzińca Sztuki (fot. 4). W ten sposób zaoszczędzono około 120 KW. Powietrzem wywiewanym ogrzewa się także niebędące przedmiotem bilansowania strefy rozładunku towarów.

Przedstawiona struktura bilansu cieplnego budynku sugeruje konieczność usuwania nadmiaru ciepła. Wybierając do klimatyzacji takiego budynku pompy ciepła, niezbędne jest doprowadzenie do nich odpowiednio schłodzonej wody technologicznej, co wiąże się z koniecznością zamontowania **wież chłodni-**

czych. Stosunkowo wysoka temperatura wypływającej z pomp ciepła wody (ok. +34°C) stwarza możliwość wykorzystania jej do zasilania central wentylacyjnych. Bezpieczna realizacja tego energooszczędnego zamiaru wymaga jednak spełnienia określonych warunków, szczególnie w odniesieniu do najbardziej zagrożonych zamrożeniem wież chłodniczych. Techniczne rozwiązanie sposobu przejęcia zysków ciepła oraz wykonania niezbędnych zabezpieczeń, przedstawia ideowy schemat odzysku ciepła (rys.) i poniższy opis.



Fot. Damian Smól

Fot. 1 | Wybudowana w I etapie rotunda z widocznymi ochronionymi wieżami chłodniczymi

Ideowy opis energooszczędnego rozwiązania cieplnego

Przejęcie zysków ciepła

Już na etapie projektowania pierwszej części Centrum Kultury, Handlu i Biznesu „Stary Browar" dyrektor Instytutu Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej, prof. Edward Szczechowiak, przekonał autorów projektu do rezygnacji ze stosowania dwuczynnikowego obiegu wody technologicznej. Przyjęcie tej propozycji umożliwiło rezygnację z glikolowego obiegu zewnętrznego, sprawiając, że zamiast trzech wież chłodniczych wystarczyły tylko dwie oraz zbyteczne stało się stosowanie pośredniego wymiennika ciepła typu glikol–woda technologiczna wraz z całym zespołem pomp obiegu glikolowego. Ponadto podniosła się sprawność odzysku ciepła. Pojawił się natomiast problem właściwego zabezpieczenia wież chłodniczych i zewnętrznego zładu wodnego przed zamarzaniem wody.

W omawianym przypadku emitowana do przestrzeni klimatyzowanej energia przejmowana jest za pośrednictwem pomp ciepła przez krążącą w jednorurowych pętlach wodę technologiczną. W sezonie grzewczym (rys.) ta energia jest wykorzystywana do podgrzewania powietrza wentylacyjnego, a w lecie za pośrednictwem wież chłodniczych wydalana jest do atmosfery. Zastosowanie na pętlach rozprowadzających wodę technologiczną regulatorów różnicy temperatury (rys., poz. 20) sprawiło, że w układzie tym dysponujemy stałą temperaturą tego czynnika +34°C, zmienna może być jednak jej ilość. Fakt stałej temperatury wody technologicznej sprawia, że tylko sporadycznie może pojawić się konieczność jej dogrzewania przewidzianym awaryjnym systemem (rys., poz. 7 i 25). Zmienność przepływu w obiegu wody technologicznej rozwiązano zestawem kilku pomp obiegowych (rys., poz. 22), z których jedna jest pompą sterowaną elektronicznie, a w automatyce zarezerwowano możliwość sekwencyjnego ich załączania – co dodatkowo zaowocowało istotnymi oszczędnościami w zużyciu energii elektrycznej koniecznej do ich napędu.

Wieże chłodnicze

Wyrażenie przez dostawcę zgody na zastosowanie jednoczynnikowego obiegu wodnego przez zamontowane na wolnym powietrzu wieże chłodnicze, celem ich zabezpieczenia przed zamrożeniem zawartej w nich wody, zostało uwarunkowane koniecznością zachowania ściśle określonych minimalnych przepływów i temperatury schładzanej wody technologicznej. W tym celu na wylotach z wież chłodniczych przewidziano pomiar i kontrolę ilości przepływu wody i jej temperatury. Elementy te zostały włączone do centralnego systemu nadzoru, sygnalizacji i alarmowania (BAS). Pragnąc mieć absolutną pewność co do parametrów przepływu wody i jej temperatury, jedną z pomp obiegu wody technologicznej wyposażono w gwarantowane zasilanie energią elektryczną (także z agregatu

Fot. Damian Smól

Fot. 2 | Fragment południowej elewacji z widoczną rotundą chroniącą wieże chłodnicze

prądotwórczego). System obiegu wody technologicznej dodatkowo wyposażono w układ wtryskowego dogrzewania, co objaśnia rysunek poz. 8 i 26.

Jako projektanci zażądaliśmy od dostawców wież chłodniczych, aby dla wyeliminowania niekontrolowanego grawitacyjnego przepływu powietrza przez wieże chłodnicze na wlocie i wylocie powietrza zostały one dodatkowo wyposażone w zdalnie sterowane przepustnice odcinające.

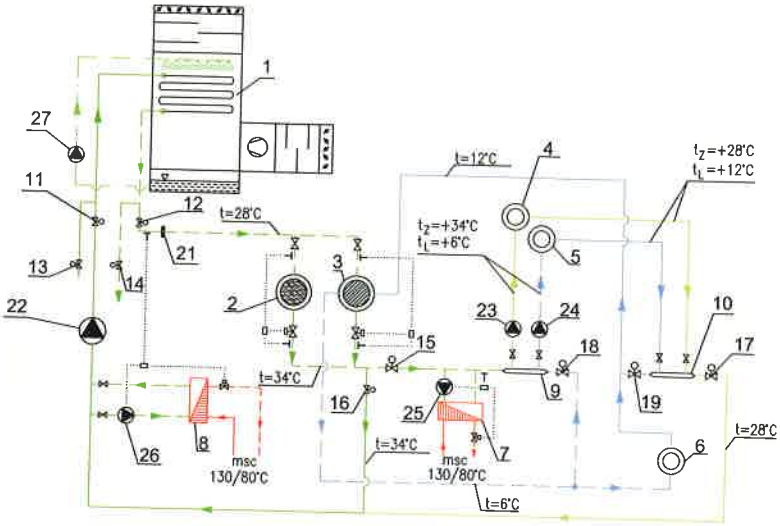
W przypadku ewentualnego całkowitego braku zasilania możliwość samoczynnego opróżniania z wody wież chłodniczych i całego zewnętrznego zładu zapewniono dzięki zastosowaniu zespołu bezprądowo odpowiednio zamykających i otwierających się zaworów i zasuw, co widać na rysunku poz. 11, 12, 13, 14.

Celem uniknięcia przypadkowej możliwości niepotrzebnego zrzutu wody wprowadzono UPS-em zabezpieczony system automatycznej kontroli temperatury zewnętrznej (czy istotnie jest niższa od 0°C), a następnie dyżurujący personel podejmuje decyzję o potrzebie uruchomienia automatycznego spustu wody.

W naszych najnowszych rozwiązaniach, w których stosowane będą hybrydowe wieże chłodnicze, dodatkowy element przyśpieszający opróżnianie z wody wież i zewnętrznej części zładu, będzie stanowić bateria butli ze sprężonym azotem.

Fot. Paweł Daszkiewicz

Fot. 3 | Na fragmencie ściany wewnętrznej dyskretnie widoczny pomieszczeniowy czujnik temperatury



1. Wyparno-ociekowe wieże chłodnicze
2. Pompy ciepła systemu powietrze/woda technologiczna
3. Skraplacze generatorów wody lodowej lub freonowych agregatów chłodniczych
4. Rewersyjnie zasilane wymienniki ciepła central wentylacyjnych (wodą o temp. ok. 34°C lub wodą lodową)
5. Inne odbiorniki niskoparametrowego czynnika grzewczego lub wody lodowej
6. Odbiorniki wody lodowej, np. klimakonwektory
7, 25. Rezerwowy system awaryjnego dogrzewania niskoparametrowego czynnika grzewczego
8, 26. Rezerwowy system temperaturowego zabezpieczenia wież chłodniczych przed zamrożeniem
9. Rozdzielacz rewersyjnego zasilania w lecie wodą lodową, a w zimie wodą grzewczą
10. Rozdzielacz powrotny rewersyjnie zbierający w zimie niskotemperaturową wodę grzewczą lub w lecie wodę lodową
11, 12, 13, 14. Automatyczny system awaryjnego przeciwzamrożeniowego opróżniania wież chłodniczych z wody
15, 16, 17, 18, 19. System przełączania sezonowego na wodę technologiczną lub wodę lodową
20. Zawory systemu regulacji różnicy temperatur
21. System pomiaru i regulacji minimalnych, zimowo bezpiecznych przepływów i temperatury
22, 23, 24. Pompy obiegowe
27. Pompa natryskowa

Rys. 1 | Ideowy schemat technologiczny odzysku i wykorzystania ciepła

Centrale wentylacyjne

W projektowanych w Studiu ADS systemach klimatyzacji obiektów o dużych zyskach ciepła stosuje się zasadę sezonowego różnicowania temperatury powietrza nawiewanego. W sezonie grzewczym temperatura nawiewu wynosi t_{n2}/+16°C, natomiast poza sezonem grzewczym temperatura powinna się mieścić w granicach +16°C ≤ t_n ≤ +24°C. Dopiero po przekroczeniu temperatury powietrza zewnętrznego ponad +24°C włączane jest schładzanie powietrza.

Możliwe jest więc sezonowe przestawianie funkcji central wentylacyjnych. Dobierane centrale wentylacyjne postanowiono wyposażyć w **jeden wymiennik ciepła mogący rewersyjnie pełnić funkcję nagrzewnicy lub chłodnicy.** Przyjęcie takiego ustalenia obniżyło cenę urządzenia oraz wewnętrzne opory przepływu powietrza, a tym samym zmniejszyło moc wentylatorów nawiewnych, postawiło jednak dodatkowe wymagania dostawcom central wentylacyjnych. Chodziło bowiem o to, aby ten sam zespół pompowo-regulacyjny, przejmujący w lecie wodę lodową o temperaturze na wlocie np. +6°C, mógł także w sezonie grzewczym regulować temperaturę nawiewu wodą technologiczną o temperaturze np. +34°C. Wymagaliśmy, aby przepływy wody dla funkcji grzania i chłodzenia były możliwie jednakowe. Założenie tak nietypowo niskiej temperatury czynnika grzewczego i wymagania dotyczące ilości wody przepływającej przez wymiennik ciepła w funkcji grzania lub chłodzenia niektórym (także renomowanym) dostawcom central wentylacyjnych przysporzył niespodziewanie sporego kłopotu, gdyż fabryczne stan-

dardowe programy doborowe na ogół nie przewidywały tak niskich temperatur czynnika grzewczego. Różnica temperatury przepływającej przez wymiennik wody lodowej lub grzewczej nie musi być w obu przypadkach limitowana – istotne są jedynie jej masowe przepływy.

Licząc się z przypadkową możliwością niedostatku ciepła odzyskiwanego, zasilanie wymienników central wentylacyjnych wodą o temperaturze +34°C dodatkowo wyposażono w widoczny na schemacie element wtryskowego jej dogrzewania (rys., poz. 7 i 25).

Fot. Damian Smól

Fot. 4 | Stary Browar, fragment przeszklonej części Dziedzińca Sztuki z widocznymi kolumnami nawiewnymi

Logika i estetyka rozwiązań instalacyjnych

Wprowadzenie instalacyjnie optymalnych i energooszczędnych rozwiązań było możliwe dlatego, że projektowanie obiektów w Studiu ADS jest rzeczywiście „grą zespołową". Dzięki codziennemu, bezpośredniemu kontaktowi z architektami i przedstawicielami innych branż, mającemu miejsce już w chwili powstawania kształtu projektowanego obiektu, udało się znaleźć rozwiązania ustalające topograficznie najprostsze relacje między np. generatorami wody lodowej a montowanymi na wolnym powietrzu wieżami chłodniczymi.

Przykładem takich bardzo ciekawych i logicznych rozwiązań architektonicznych są przedstawione na załączonych zdjęciach dwie rotundy, chroniące wizualnie i akustycznie z natury niezbyt estetyczne i stosunkowo głośne wieże chłodnicze.

Na fot. 1 widać rotundę, którą zbudowano nad ślimakiem dojazdowym do nadziemnych parkingów pierwszego etapu budowy Starego Browaru. Stosunkowo duży rdzeń tego ślimaka na trzech kondygnacjach mieści generatory wody lodowej i wszystkie najważniejsze pompownie. Tak więc niemal wszystkie największe i najważniejsze urządzenia mieszczą się w pionowej amfiladzie. Podobnie postąpiono w drugim etapie budowy, z tym jednak, że zamiast rdzeniem ślimaka dojazdowego posłużono się odpowiednim także amfiladowo względem podstawowych urządzeń technologicznych zorientowanym szachtem. Rotunda widoczna na fot. 2 zasłania wieże chłodnicze drugiego etapu budowy. Najstarszym poznaniakom przypomina ona stojący nieopodal do końca lat 40. minionego stulecia XIX-wieczny element fortyfikacji obronnych miasta, znany wówczas pod nazwą Fortu Grolmana.

Obiekty takiego typu jak Stary Browar, oprócz konieczności spełniania programowych wymagań w zakresie działalności handlowej, biznesowej czy kulturalnej, swoim wyglądem zewnętrznym powinny zachęcać do przekroczenia ich progów. Dlatego architekt tworzący tego rodzaju obiekt stawia projektowanym elementom instalacyjnym niekiedy bardzo trudne do spełnienia wymagania estetyczne.

Załączone fotografie przedstawiają pozytywne przykłady takich rozwiązań: fot. 3 ukazuje skonstruowany specjalnie dla Starego Browaru przez firmę TYBO z Mikołowa pomieszczeniowy czujnik temperatury, a rozwiązanie widoczne na fot. 4 prezentuje opracowane wspólnie przez architekta i instalatora rozmieszczenie dziewięciu kolumn nawiewnych obsługujących grzewczo-wentylacyjnie przeszklony Dziedziniec Sztuki.

Wprowadzane przez instalatorów elementy nie mogą podejmować, niemającej żadnych szans, próby rywalizacji z pieczołowicie wypieszczoną architekturą. Staraliśmy się, aby znaków obecności nas, instalatorów, nie było tam widać i słychać.

Mając inżynierską satysfakcję z energooszczędnie zaprojektowanych instalacji, pragnę podkreślić, że została ona osiągnięta dzięki znakomitym sugestiom i radom prof. Edwarda Szczechowiaka oraz twórczym i konstruktywnym ingerencjom architektonicznym głównych projektantów obiektu: mgr. inż. arch. Piotra Barełkowskiego i mgr. inż. arch. Przemysława Borkowicza.

Szczególne podziękowania należą się współautorom i pasjonatom omówionego tu systemu odzysku ciepła, kolegom Karolowi Woltmannowi i Janowi Gapińskiemu.

mgr inż. **Ireneusz Smól**