

Borysiewicz, Piotr

Klimatyzacja pomieszczeń muzealnych : w oparciu o projekty instalacji klimatyzacyjnych Muzeum Łowiectwa w Warszawie i Zamku Królewskiego

Muzealnictwo 26 27, 122-127

1983

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Klimatyzacja pomieszczeń muzealnych

(w oparciu o projekty instalacji klimatyzacyjnych Muzeum Łowiectwa w Warszawie i Zamku Królewskiego)

Warunki optymalnej klimatyzacji

Zapewnienie właściwych, stabilnych parametrów mikroklimatu wewnątrz pomieszczeń muzealnych wpływa zarówno na stan zachowania zbiorów jak i stwarza warunki odpowiadające dobremu samopoczuciu ludzi przebywających w pomieszczeniu (warunki komfortu cieplnego).

Do spełnienia tych warunków wymagane jest:

- utrzymanie wymaganej czystości powietrza dostarczanego do klimatyzowanych pomieszczeń,
- utrzymanie cyrkulacji powietrza i jego parametrów wokół przedmiotów ekspozycyjnych,
- zagwarantowanie pracy instalacji klimatyzacyjnej przez 24 godziny na dobę.

Optymalne warunki dla ekspozycyjnych przedmiotów to maksymalnie stabilne. Szczególnie gwałtowne zmiany klimatu, stanowią najpoważniejszy czynnik destrukcyjny, osłabiający zdolność powolnej adaptacji eksponatów w nowym środowisku. Na warunki klimatyczne w budynku decydujący wpływ mają trzy czynniki: czystość powietrza (skład atmosfery), wilgotność i temperatura powietrza (ostatnie dwa są ściśle ze sobą związane).

Powietrze zawsze zawiera pewne nieczystości, których stężenie zależy od miejsca i pory roku. Szczególnie w miastach i okręgach przemysłowych zanieczyszczenia występują w znacznej koncentracji. Zawierają one takie związki, jak tlenki węgla, związki siarki, azotu itp. i tak szkodliwe czynniki jak popiół, sadze, pyły, smoły, kurz, które wraz z bakteriami, przy zawartej w powietrzu wilgotności powodują niszczenie powierzchni, a nawet całkowite zniszczenie przedmiotów zabytkowych.

Zanieczyszczenia zawarte w skażonym powietrzu oddziałują na różne materiały w zależności od rozmaitych i często złożonych procesów. Metale są głównie atakowane przez tlen w wilgotnym powietrzu, ale skażenia atmosferyczne sprzyjają tej reakcji. Sole i chlorki posiadają szczególnie groźne właściwości korozyjne z powodu swojego higroskopijnego charakteru, powodującego zawilgocenie powierzchni

przedmiotów metalowych i tworzenia się środowiska wyjątkowo agresywnego. Kurz powoduje powstawanie niezwykle cienkiej warstewki wody na powierzchniach i szczelinach przedmiotów, proces ten zachodzi nawet w atmosferze nienasyconej wilgocią, podczas dziennych zmian temperatury. Nawet bardzo mała ilość wody może spowodować zniszczenia: rozpuszcza gazy, tworzy kwasy. Przy zmiennej wilgotności powietrza wytworzone sole krystalizują się, a następnie ulegają rozpuszczeniu powodując degradację materiałów.

Zapobieganie powyższemu zjawiskom wymaga zapewnienia odpowiedniej czystości powietrza dostarczanego do pomieszczeń przez jedno- lub wielostopniowe oczyszczanie jego z zanieczyszczeń stałych i gazowych. W wielostopniowej filtracji pierwszy stopień stanowią filtry zgrubne (komora osadowa, filtry olejowe) drugi, filtry włókninowe (średniego oczyszczania) i trzeci, filtry dokładnego oczyszczania (papierowe, absolutne, zatrzymujące zanieczyszczenia wielkości bakterii). Zanieczyszczenia gazowe są usuwane przy pomocy węgla aktywnego, który może być czwartym stopniem filtracji. Rolę istotną w procesie filtracji odgrywa również komora zraszania, obok funkcji ciepło-wilgotnościowych pochłaniania (rozpuszcza w wodzie) związki chemiczne tj. dwutlenek siarki, dwutlenek węgla, przemywa powietrze (wytrąca pyły). Ze względu na szkodliwe działanie ozonu nie wskazane jest stosowanie filtrów elektrostatycznych, wytwarzających duże jego ilości.

Powietrze już oczyszczone ulega powtórnemu zanieczyszczeniu w pomieszczeniach. Wynika to z powstawania kurzu ze ścieralnych posadzek, wydzielania się szkodliwych związków z różnego typu wykładzin i powłok, lub na skutek dużego natężenia ruchu zwiedzających, będących nośnikami kurzu i wydzielających w procesie oddychania dwutlenek węgla. Optymalnym rozwiązaniem tego problemu jest usuwanie powietrza „zużytego” (wywiewnego) na zewnątrz budynku. Niestety ze względów ekonomicznych (koszty uzdatniania powietrza są znaczne) nie stosuje się tego sposobu. Właściwym rozwiązaniem jest re-

cyrkulacja powietrza, tzn. część powietrza wywiewanego z pomieszczeń poddaje się ponownie procesowi uzdatniania. Dzięki temu rozwiązaniu, można stosować urządzenia oczyszczające o mniejszej wydajności, eliminuje się też w ten sposób znaczną ilość zanieczyszczeń, które dostają się do pomieszczeń wraz z nawiewanym świeżym powietrzem. Powietrze recyrkulacyjne (wywiewane) poddane zostaje również procesowi oczyszczania, lecz już nie w takim stopniu jak powietrze świeże, ze względu na mniejsze stężenie zanieczyszczeń. Wilgotność jest ze wszystkich czynników klimatycznych czynnikiem powodującym największą degradację materiału. Jej działanie jest ściśle związane z temperaturą, a stopień nasycenia powietrza wilgocią będący funkcją temperatury jest miarą możliwości zniszczenia.

Szkody spowodowane wilgotnością są dwojakiego rodzaju, w zależności od tego, czy są wynikiem działania fizyczno-chemicznego, czy działania biologicznego. Materiały pochodzenia organicznego takie jak papier, tkanina, drewno, skóra itp. posiadające budowę komórkową mniej, lub więcej higroskopijną wrażliwe są na działanie fizyczno-chemiczne. Nadmiar wilgoci deformuje drewno, kurczy tkaniny, rozmiękcza niektóre spoiny, wywołuje optyczne wybielenie werniksu. Suche powietrze powoduje pęknięcie kości, kruszy spoiny, deformuje drewno, powoduje rozszerzanie tkanin. Przy częstych zmianach wilgotności, drewno ma tendencję do pęknięcia, skręcania się, warstwy malowane odczepiają się wraz z podkładem, rozpada się stolarka artystyczna. Wilgoć stanowi również groźbę dla kamiennych i ceramicznych przedmiotów wykopaliskowych; rozpuszcza sole zawarte w znaleziskach archeologicznych, które krystalizują się na nowo, a w momencie kiedy środowisko ulega wysuszeniu wywołują łuszczenie i sproszkowanie ich powierzchni.

Korozja metali jest także spowodowana destrukcyjnym działaniem wilgoci. W powietrzu całkowicie suchym, przedmioty metalowe nie ulegają korozji, można powiedzieć, że są to jedyne materiały, które najlepiej konserwują się w warunkach zupełnego braku wilgoci.

Skutki biologiczne dotyczą również materiałów pochodzenia organicznego. Przy sprzyjających warunkach; temperaturze powietrza 20–25°C i wilgotności względnej $\phi = 70\%$ wszechobecne zarodniki grzybów, tworzą grzybnię, która gwałtownie się rozprzestrzenia, plamiąc i niszcząc materiały, które są ich pożywką. Najmniejsze mikroorganizmy mogą doprowadzić do dezintegracji materiałów organicznych

jak i nieorganicznych. Bakterie są w stanie odbarwić pigmenty i spowodować niszczenie przedmiotów kamiennych. Określenie granicy bezpieczeństwa można określić przez zbadanie zjawisk, które towarzyszą procesowi suszenia materiałów higroskopijnych i przez wykrycie warunków, w których rozwijają się mikroorganizmy. Ponieważ większość przedmiotów pochodzenia organicznego jest atakowana jednocześnie przez bakterie pleśni i insekty, określanie granic przy których rozwój organizmów jest niemożliwy sprawia szczególnie utrudnienie. Najniższa granica bezpieczeństwa dla wilgotności względnej jest określona przez zachowanie się przedmiotów z materiałów o naturze higroskopijnej i wynosi $\phi = 50\%$. Należy zwrócić uwagę na warunki środowiskowe w jakich przebywał eksponat w przeszłości, gdyż może się zdarzyć, że nawet wyżej wymieniona granica bezpieczeństwa jest niewłaściwa. Są to wypadki jednak wyjątkowe, dla większości eksponatów nie można dopuścić do spadku wilgotności względnej poniżej $\phi = 50\%$ bez względu na temperaturę.

Górną granicę wilgotności względnej można ustalić w sposób bardzo precyzyjny, ponieważ zarodniki pleśni wymagają do zarodkowania wartości większej niż $\phi = 70\%$, a materiały wrażliwe na pleśń są odporne na nią przy wilgotności względnej niższej niż $\phi = 65\%$. Kierując się powyższymi ograniczeniami w projektach dla danych wyjściowych przyjmuje się wilgotność względną w granicach $\phi = 55 \pm 5\%$.

Temperaturę wewnątrz pomieszczeń przyjmuje się jako zmienną w zależności od temperatury powietrza zewnętrznego. Przy temperaturze powietrza zewnętrznego $t_{z} = -20^{\circ}\text{C}$ (zima) temperaturę wewnątrz pomieszczeń przyjmuje się w granicach $t_{w} = +22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, a przy temperaturze zewnętrznej $t_{z} = +30^{\circ}\text{C}$ (lato) przyjmuje się temperaturę wewnątrz pomieszczeń w granicach $t_{w} = +25^{\circ}\text{C}$. O takiej wartości temperatury powietrza wewnątrz pomieszczeń decydują również warunki komfortu cieplnego, które jednocześnie pokrywają się z warunkami właściwego zabezpieczenia przedmiotów eksponowanych.

Obciążenie cieplne i wilgotnościowe – rozdział powietrza

Klimatyzacja w pomieszczeniach muzealnych i zabytkowych jest instalacją typu technologiczno-komfortowego. Musi utrzymać odpowiednie parametry powietrza ze względu na wymagania eksponowanych

przedmiotów i jednocześnie zapewnić w pomieszczeniach ekspozycyjnych warunki dobrego samopoczucia ludzi w nich przebywających. Ponieważ musi działać 24 godziny na dobę w ciągu roku jest ona poddana zmiennym w czasie i przestrzeni obciążeniom cieplnym i wilgotnościowym, występującym w pomieszczeniach. Zmiany bilansów ciepła i wilgotności w czasie zależą od pory roku, dnia, nasłonecznienia, oświetlenia sztucznego lub nie, jak i również od liczby osób zwiedzających. Zmiany w przestrzeni zależą od frekwencji w poszczególnych salach (od pustych pomieszczeń – do dużej liczby zwiedzających w innych salach). Wszystkie te czynniki powodują bardzo duże zmiany zysków ciepła i wilgoci w poszczególnych pomieszczeniach muzealnych.

Projektując instalację klimatyzacyjną należy dążyć do tego, aby pomieszczenia klimatyzowane podobnie usytuowane względem stron świata (te same zyski ciepła od nasłonecznienia), które posiadają podobne przeznaczenie i liczbę zwiedzających, były obsługiwane tymi samymi kanałami magistralnymi. Dzięki takiemu rozwiązaniu wykorzystuje się minimalną ilość przestrzeni pomieszczeń klimatyzowanych, uzyskując możliwość regulacji temperatury. Osiągnięcie prawidłowego efektu działania klimatyzacji zależy nie tylko od właściwych parametrów powietrza, lecz również od cyrkulacji powietrza wokół ekspozycyjnych przedmiotów, która eliminuje powstawanie większych gradientów temperatury i wilgotności względnej. Odpowiedni rozdział powietrza rozwiązuje ten problem tzn. stworzenie właściwych pól temperatury, wilgotności względnej i prędkości powietrza.

W pomieszczeniach standartowych wymagane parametry powietrza zachowuje się tylko w strefie przebywania ludzi (do wysokości 2 m nad podłogą). W pomieszczeniach muzealnych utrzymanie wymaganych parametrów powietrza należy zapewnić w części ekspozycyjnej sali. Rozdział powietrza w pomieszczeniu następuje przy pomocy nawiewników i wywiewników. Każdy typ nawiewników charakteryzuje się właściwym dla siebie strumieniem powietrza, który ma określoną prędkość i różnicę temperatury (różnica temperatury strumienia powietrza nawiewnego, a temperaturą powietrza w pomieszczeniu). Przy rozdziale występują pewne zjawiska niekorzystne, aby ich uniknąć nie można wprowadzać strumienia powietrza o dużej prędkości i o dużej różnicy temperatur. Zarówno dotyczy to nawiewu chłodnego (odprowadzanie zysków ciepła), jak i ciepłego (ogrzewanie pomieszczenia). W obydwu wypadkach, przy przekroczeniu

różnicy temperatury, mogą powstać zimne prądy powietrza, bądź utworzyć się warstwy powietrza o różnej temperaturze. Prędkość powietrza w strefie przebywania ludzi i ekspozycji przyjmuje się w granicach $0,25 \div 0,4$ m/s. W wysokich pomieszczeniach o dużym obciążeniu cieplnym, wywiewniki umieszcza się w górnej części pomieszczeń, zapobiega się w ten sposób tworzeniu warstwy powietrza o podwyższonej temperaturze w górnej ich części. Pewne znaczenie posiada także w zależności od mocy i rodzaju, oświetlenie pomieszczenia. Stosując specjalne konstrukcje opraw oświetleniowych zawierające urządzenia odciągające rozgrzane powietrze spod sufitu, eliminuje się wahania temperatury w pionie. Krotność, intensywność wymiany powietrza dla pomieszczeń muzealnych wynosi od 4 do 7 h^{-1} na godzinę (ilość powietrza wymienionego przez kubaturę pomieszczeń). Przy zbyt niskich wartościach krotności wymiany, można nie uzyskać równomiernego przepływu powietrza przez pomieszczenie, mogą powstawać martwe strefy (obszary bez ruchu powietrza), lub obszary o zbyt wysokiej prędkości powietrza w stosunku do przyjętych wartości.

Klimatyzacja pomieszczeń ekspozycyjnych Muzeum Łowiectwa w Warszawie

Projekt klimatyzacji Muzeum Łowiectwa w Łazienkach w zabytkowym obiekcie z XVII w. (dawny budynek Ogrodnika), powstał w ramach projektu dyplomowego na Politechnice Warszawskiej. Do chwili obecnej projekt klimatyzacji nie został zrealizowany.

Konsekwencją podstawowych założeń i ograniczeń dla instalacji klimatyzacyjnej dla wyżej wymienionych pomieszczeń było przyjęcie układu centralnej klimatyzacji jednokanałowej z regulacją temperatury powietrza nawiewanego do czterech stref, w skład których wchodzi pomieszczenia usytuowane podobnie względem stron świata (szereg pomieszczeń klimatyzowanych jest przyłączonych do jednej centrali klimatyzacyjnej). Powietrze uzdatniane w centrali do poziomu parametrów nawiewu określonych w projekcie przy pomocy przewodów dostarczone jest do pomieszczeń. Wilgotność względna nawiewanego do pomieszczeń powietrza jest jednakowa. Stanowi to pewną wadę tego systemu, gdyż następuje tu pewne obniżenie jakości mikroklimatu, posiada on jednak podstawową zaletę: prostotę eksploatacji i nie mniej pozytywną cechę, a mianowicie zajmuje mało miejsca.

Do obliczeń przyjęto wilgotność względną $\phi = 55 \pm 5\%$, a temperatury powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach klimatyzowanych przyjęto jako zmienne i regulowane w zależności od temperatury powietrza zewnętrznego. Przy temperaturze powietrza zewnętrznego $t_{z} = -20^{\circ}\text{C}$ temperaturę powietrza wewnątrz pomieszczeń $t_{w} = +22^{\circ}\text{C}$, a przy temperaturze zewnętrznej $t_{z} = +30^{\circ}\text{C}$ temperaturę wewnętrzną $t_{w} = +25^{\circ}\text{C}$. Maksymalną różnicę temperatur między temperaturą powietrza nawiewanego a temperaturą powietrza w pomieszczeniu przyjęto $\Delta t = 6^{\circ}\text{C}$.

Analizując sposoby rozdziału powietrza zastosowano pierwszą recyrkulację powietrza ze stałą ilością świeżego powietrza. W tym wypadku potrzebna jest tylko niewielka ilość powietrza świeżego ze względów higienicznych. Założono, że z tych względów potrzeba $30 \text{ m}^3/\text{h}$ powietrza świeżego dla jednej osoby. Określono w ten sposób stosunek mieszaniny powietrza, który wynosi 75% powietrza obiegowego i 25% powietrza świeżego. Zastosowanie pierwszej recyrkulacji powietrza wewnętrznego znacznie zmniejsza zapotrzebowanie ciepła dla nagrzewnicy wstępnej o 55% , otrzymuje się również znaczne oszczędności na urządzeniach oczyszczających, które uzdatniają jedynie 25% całej ilości powietrza.

Układ pomieszczeń w Muzeum wymagał zastosowania dwóch zespołów klimatyzacyjnych. Dzięki takiemu rozwiązaniu instalacja klimatyzacyjna jest zwarta i zajmuje małą kubaturę. Pomieszczenia klimatyzowane posiadają różne zyski ciepła od nasłonecznienia i straty ciepła, wobec tego połączono je pionowymi kanałami wentylacyjnymi w ten sposób, aby obsługiwały sale podobnie usytuowane względem stron świata (podobne obciążenia cieplne). Uzyskano w ten sposób możliwość regulacji temperatury w każdym z zespołów pomieszczeń posługując się nagrzewnicą wtórną.

W Muzeum Łowiectwa wykorzystano do współpracy z klimatyzacją istniejącą instalację centralnego ogrzewania. Pokrywa ona część strat ciepła pomieszczeń, ogrzewając je do temperatury dyżurnej $t_p = +17^{\circ}\text{C}$ pozostała część strat ciepła pokrywana jest przez zyski ciepła występujące w pomieszczeniach (zyski ciepła od ludzi i oświetlenia), klimatyzacja pełni rolę kompensatora pozostałej części bilansu ciepła pomieszczeń do temperatury powietrza przyjętej w pomieszczeniu w okresie zimowym $t_{w} = +22^{\circ}\text{C}$. Z punktu widzenia energetycznego taki system współpracy jest mniej doskonały od systemu w którym klimatyzacja pełni rolę ogrzewania i swoją

własną. Model doskonały posiada jednak istotną wadę związaną z rozdziałem powietrza; nawiewniki powinny być umieszczone pod oknami; nie spełnienie tego warunku powoduje powstawanie silnych prądów zimnego powietrza. W wypadku Muzeum Łowiectwa nie można było ich tam umieścić. Specyficzne przeznaczenie pomieszczeń wymagało zwrócenia szczególnej uwagi na dobór i sposób rozmieszczenia nawiewników. Rozpatrzono możliwość zastosowania dwóch typów nawiewników: nawiewniki ściennie o strumieniu powietrza półograniczonym (przylepionym) połączonym (strumień powietrza wypływający z nawiewników swoją górną powierzchnią ślizga się po powierzchni sufitu, strumienie powietrza współpracujących ze sobą nawiewników tworzą w określonej odległości od wylotów jeden zwarty strumień powietrza) i nawiewniki szczelinowe. Dobór nawiewników był determinowany szeregiem ograniczeń: wysokość sal ekspozycyjnych $2,45 \div 3,50 \text{ m}$ wykluczała zastosowanie nawiewników o strumieniu swobodnym (strumień powietrza wypływający nie napotyka na żadne przeszkody), stropów perforowanych bądź anemostatów (warunek minimalnej wysokości pomieszczenia).

Zabytkowy charakter budynku wymagał zajęcia jak najmniejszej przestrzeni i uniemożliwił jakiegokolwiek modyfikacje i zmiany. Z tego powodu jedynym do przyjęcia rozwiązaniem było umieszczenie nawiewu, nawiewników, ewentualnie szczelin na przeciwnych przegrodach na szerokość całego pomieszczenia. Powietrze nawiewane dostarczane jest do nawiewników przez pionowe wentylacyjne umieszczone w narożnikach sal ekspozycyjnych. Rozwiązanie takie gwarantuje zajęcie małej powierzchni, zyskuje się natomiast w ten sposób dużą powierzchnię ścian potrzebnych do ekspozycji. Biorąc pod uwagę wyżej wymienione warunki przyjęto optymalny typ nawiewników tj. nawiewniki szczelinowe. Posiadają one zarówno odpowiedni sposób zasilania jak i wymiary dla projektowanej instalacji. Skrzynki rozprężne w które są wyposażone, umożliwiają odpowiednie ich zainstalowanie, spełniają również nie mniej ważną rolę tłumików akustycznych. W ten sposób zasilane nawiewniki posiadają równomierny wpływ płaskiego strumienia powietrza. Powietrze zużyte jest usuwane z pomieszczeń przez kratki wywiewne umieszczone w czterech miejscach w każdym pomieszczeniu. Każdy z zespołów klimatyzacyjnych posiada dwa pionowe wywiewne obsługujące pomieszczenia klimatyzowane.

W obydwu zespołach klimatyzacyjnych układ regulacyjny zapewnia bezpośrednią regulację wilgotności i temperatury powietrza w pomieszczeniu. Czujniki temperatury powietrza przy zmianach temperatury powietrza przed nagrzewnicą wstępną (powietrze świeże, zewnętrzne) i temperatury powietrza za wentylatorem nawiewu (powietrze nawiewane) wysyłają sygnał, który poprzez centralę przekaźnikową uruchamiają siłowniki elektromechaniczne przy zaworach trójdrogowych, regulacyjnych nagrzewnicy wstępnej i chłodnicy powierzchniowej wodnej. W ten sposób korygowana jest temperatura powietrza nawiewanego do poziomu przyjętego w założeniach.

Osiągnięcie stałej temperatury powietrza w pomieszczeniu możliwe było przez zastosowanie czujnika za nagrzewnicą wtórną (powietrze nawiewane bezpośrednio do pomieszczeń), którego sygnał przez regulator jest przekazywany do siłownika elektro-mechanicznego przy zaworze trójdrogowym regulacyjnym nagrzewnicy wtórnej. Wilgotność względną powietrza w pomieszczeniu określa hygrostat, który przekazuje sygnał przez centralę do nawilżacza parowego, ten z kolei zwiększa, lub zmniejsza ilość wytwarzanej pary, korygując w ten sposób wartość wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu.

Klimatyzacja – Zamek Królewski w Warszawie

W Zamku zastosowano układ klimatyzacji wielostrefowej, jednokanałowej z regulacją parametrów powietrza nawiewanego do poszczególnych pomieszczeń. Ze względu na konieczność zachowania historycznego charakteru wnętrz zastosowano okna o współczynniku przenikania $K = 2,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, co teoretycznie przy obliczeniowej temperaturze zewnętrznej dla zimy dla Warszawy $t_{zz} = -20^\circ\text{C}$ powoduje wykraplanie się pary wodnej na szybie przy wilgotności względnej $\phi = 40\%$. Z tego powodu przyjęto, że wilgotność względna będzie zmienna $\phi = 50 \pm 10\%$ w zależności od temperatury zewnętrznej.

System regulacji automatycznej umożliwia nawet uzyskanie wyższej wilgotności względnej w zależności od temperatury powietrza zewnętrznego przy $t_{zz} = -20^\circ\text{C}$, $t_{wz} = +20^\circ\text{C}$ przy $t_{zl} = +32^\circ\text{C}$, $t_{wl} = +26^\circ\text{C}$. Maksymalną różnicę temperatur między temperaturą powietrza nawiewanego a temperaturą powietrza w pomieszczeniu przyjęto $\Delta t = 6^\circ\text{C}$. Jako

podstawowe założenia przyjęto, że klimatyzacja pokrywa straty ciepła w zimie. W celu zabezpieczenia działania klimatyzacji również jako ogrzewania powietrznego zaprojektowano centralne przewody-obwodnice: nawiewną i wywiewną.

Kanał obwodnica nawiewna jest kolektorem wmurowanym umieszczonym wokół całego Zamku na poddaszu o przekroju 4 m^2 . Jest on tak dobrany, aby prędkość w nim nie przekraczała 4 m/s . W ten sam sposób zaprojektowano obwodnicę wywiewną. Do tych dwóch obwodnic podłączono dziesięć zespołów klimatyzacyjnych. W celu zapewnienia właściwego rozdziału powietrza każde pomieszczenie klimatyzowane jest zasilane niezależnym kanałem nawiewnym. Na wyjściu z kolektora nawiewnego na każdym kanale nawiewnym jest niezależna nagrzewnica wtórna (dla każdego pomieszczenia). Nawiew powietrza odbywa się za pomocą nawiewników podokiennych. Wywiew powietrza zaprojektowano jako punktowy przez kominki lub nad drzwiami, w miejscach ściśle uzgodnionych z architektami i dostosowanymi do potrzeb wnętrz.

Climatisation dans les intérieurs de musée

(d'après les projets des installations de climatisation au Musée de la Chasse de Varsovie et au Château Royal de Varsovie)

Conditions de climatisation optimale

L'assurance des paramètres convenables et invariables du microclimat à l'intérieur des salles de musée revêt une grande importance pour l'état de conservation des collections et la création des conditions favorables pour les personnes qui y demeurent (conditions du confort thermique).

Afin d'assurer ces conditions il faut :

- maintenir la pureté exigée de l'air fourni aux salles climatisées ;
- maintenir la circulation d'air et de ses paramètres autour des objets exposés ;
- assurer le fonctionnement de l'installation de climatisation les jours et les nuits.

Les conditions atmosphériques à l'intérieur du bâtiment sont dues à trois facteurs : à la pureté de l'air (composition de l'atmosphère), à l'humidité et à la température (les deux derniers étant étroitement liés entre eux). L'humidité provoque des détériorations de deux natures : celles résultant de l'action physico-chimique et de l'action biologique. La limite minimale d'humidité relative s'élève à $\approx 50\%$, la limite maximale d'humidité relative à $\approx 65\%$.

Les charges thermiques et d'humidité – la distribution de l'air

La climatisation dans les salles de musée est d'une part une installation technologique devant maintenir les paramètres exigés de l'air pour assurer les conditions convenables de conservation d'objets d'exposition et d'autre part une installation de confort ayant en vue de créer des meilleures conditions pour ceux qui y demeurent. L'aboutissement à un effet satisfaisant du fonctionnement de la climatisation est non seulement fonction des paramètres appropriés de l'air, mais aussi de la circulation d'air autour des objets exposés, circulation éliminant la formation des gradients exagérés de température et d'humidité relative. Une bonne distribution de l'air résoud ce problème.

Climatisation dans les intérieurs du Musée de la Chasse de Varsovie

On a adopté le système de climatisation centrale à un canal, avec régulation de la température de l'air soufflé à quatre zones. Le chauffage central existant coopère avec l'installation de climatisation. Après avoir analysé les moyens de distribution de l'air on a appliqué le premier recyclage d'air avec une quantité stable d'air frais ; proportion du brassage d'air – 75% d'air de reprise et 25% d'air frais.

Climatisation – Château Royal de Varsovie

On a appliqué le système de climatisation à plusieurs zones, à un canal, avec régulation des paramètres de l'air soufflé aux salles particulières. On a pris pour principe fondamental que la climatisation doit équilibrer les pertes de chaleur en hiver.

En vue d'assurer le fonctionnement de la climatisation en tant que chauffage à air chaud, des conduits centraux d'entrée et de sortie d'air ont été projetés.