

SKĄD CIEPŁO?

OGRZEWANIE PUNKTOWE CZY PŁASZCZYZNOWE?

Grzejnik to jedyny element instalacji grzewczej, z którym mieszkaniec styka się praktycznie na co dzień. Musi więc być on dostosowany zarówno do instalacji, jak i do oczekiwań użytkowych oraz estetycznych. Grzejnik jeszcze nie tak dawno kojarzył się z szeregiem żeberek, najczęściej umieszczonych pod oknem. Potem jeszcze z czymś jak blaszane pudełko. O takich źródłach ciepła mówimy, że są punktowe.

Od pewnego czasu coraz częściej stosuje się inny system ogrzewania – grzejniki płaszczyznowe. Ciepło jest przez nie dostarczane całą powierzchnią przegrody budowlanej lub znaczną jej częścią. Najczęściej jest to podłoga. Mówimy o ogrzewaniu podłogowym – wodnym lub elektrycznym. Spotyka się też ogrzewanie ścienne. Najczęściej jednak ogrzewanie płaszczyznowe stosuje się tylko w części pomieszczeń, w pozostałych zaś montuje się grzejniki i całość łączy w jedną instalację.



fol. Instal Projekt

GRZEJNIKI WODNE

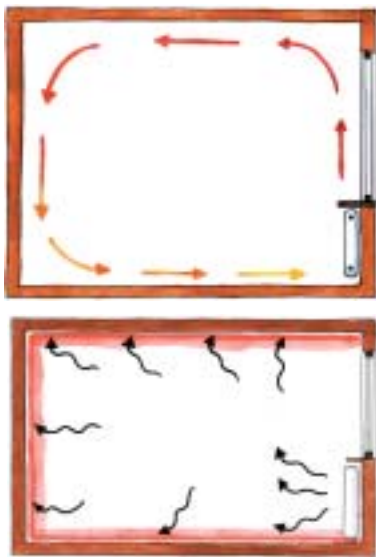
Konwekcja czy promieniowanie? Ciepło do pomieszczenia grzejnik może przekazywać na dwa sposoby **1**.

Jeden to **ogrzewanie konwekcyjne**. Polega na tym, że ścianki grzejnika podnoszą temperaturę omywającego je powietrza. Ogrzane powietrze, jako lżejsze, wędruje do góry, a na jego miejsce od dołu napływa chłodne. Ten obieg nazywa się właśnie konwekcją (inaczej: unoszeniem).

Drugi sposób przekazywania ciepła to **promieniowanie**. Każda ciepła powierzchnia wysyła (emituje) promieniowanie elektromagnetyczne. Jego natura jest taka sama jak światła, promieni rentgena czy fal radiowych. Każde z nich ma swój charakterystyczny zakres długości fal. Promieniowanie ciepłe mieści się między światłem widzialnym a mikrofalami radiowymi. Przenika swobodnie przez powietrze, ale jest pochłaniane przez ciała stałe (ściany, meble, sprzęty domowe). Wzrasta przy tym temperatura tych obiektów. Tak więc one z kolei stają się grzejnikami, rozmieszczonymi w różnych punktach mieszkania.

Każde źródło oddaje ciepło na oba wymienione sposoby. Różne są jedynie proporcje. Urządzenia, które większość energii przekazują wprost powietrzu, przyjęło się nazywać **grzejnikami konwekcyjnymi**. Nie należy tego utożsamiać ze szczególnym typem grzejników – konwektorami – o których piszemy później.

Który z systemów jest lepszy? Zdania są podzielone. Oddawaniu ciepła przez promieniowanie nie towarzyszy intensywny ruch powietrza. Dla jednych,



1 Zasada ogrzewania konwekcyjnego (u góry) i przez promieniowanie

zwłaszcza alergików, to zaleta. Dla innych to wada – brak tego ruchu powoduje np., że w pobliżu grzejnika utrzymuje się powietrze cieplejsze niż w reszcie pomieszczenia. Z kolei przy ogrzewaniu konwekcyjnym ogrzane powietrze gromadzi się przy suficie, podczas gdy w nogi jest zimno. Ale

znów przy promieniowaniu maruje się ciepło na ogrzewanie ściany zewnętrznej. Ponadto, zdaniem niektórych, powoduje ono szkodliwą dodatnią jonizację powietrza.

Mimo tych wszystkich zastrzeżeń więcej wydaje się przemawiać za ogrzewaniem przez promieniowanie – z wyjątkiem sytuacji szczególnych, np. pomieszczeń o dużej powierzchni okien albo takich, w których ogrzewanie jest potrzebne tylko czasowo.

Jeżeli chodzi o komfort przebywania w pomieszczeniu, częściej przyjmuje się, że korzystniejsza jest przewaga konwekcyjnego przekazywania energii.

Powtórzmy: mówić możemy tylko o urządzeniach, w których mniej lub bardziej przeważa jeden lub drugi rodzaj przekazywania ciepła. To zaś zależy od różnych czynników. Na przykład, w grzejniku tej samej konstrukcji zamiana powłoki lakierniczej na metaliczną (chrom czy miedź) powoduje wyraźne zmniejszenie mocy cieplnej promieniowania i zwiększenie mocy konwekcyjnej. Metal bowiem lepiej przewodzi ciepło, skuteczniej więc je przekazuje powietrzu otaczającemu grzejnik. Sam przy tym bardziej się ochładza, a więc mniej ciepła wypromieniowuje. Ponadto dla promieniowania stanowi mniej przepuszczalny ekran. Tak więc rodzaj wykończenia powierzchni grzejnika ma znaczenie nie tylko estetyczne, ale także użytkowe.

Z użytkowego punktu widzenia znaczenie ma też wielkość zładu (ilość wody lub innej cieczy grzejnej, np. glikolu, jaką mieści instalacja). Mały zład szybciej reaguje na zmiany natężenia ogrzewania, lepiej się więc poddaje układowi sterowania. Szybciej przebiegają czynności obsługowe wymagające opróżnienia instalacji. Ponadto, w niektórych systemach ciecz grzejna jest droga (specjalnie uzdatniona woda, wspomniany glikol). Im więc zład mniejszy, tym niższe nakłady.

Pierwsze, na co musimy zwrócić uwagę przy wyborze grzejników, to **moc grzewcza**. Mierzy się ją w watach (W). Moc grzewcza określa zdolność grzejnika do oddawania ciepła pomieszczeniu. Nie jest stała dla konkretnego urządzenia, jak np. moc grzałki elektrycznej. Zależy od tzw. parametrów pracy.

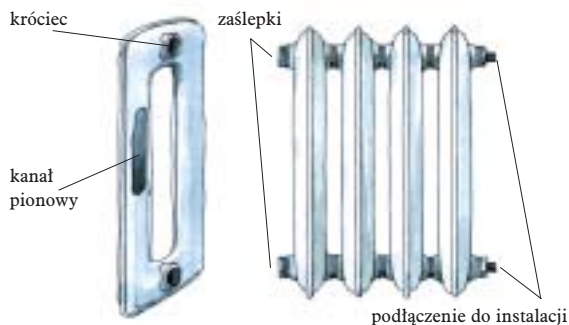
Zilustrujmy to na przykładzie. Do grzejnika dopływa woda o temperaturze 70°C. Ma on oddać tyle ciepła, żeby w pomieszczeniu utrzymała się temperatura 20°C. Sam grzejnik – przyjmijmy – oziębia się przy tym do 60°C. Otwieramy okno. Napływa mroźne powietrze z zewnątrz. Jeśli w pomieszczeniu ma nadal panować temperatura 20°C, grzejnik musi zwiększyć moc. Jeżeli przepływa przez niego tyle samo wody, ochładza się ona bardziej, np. do 50°C. Ale jest i druga możliwość: temperatura wody powracającej utrzymuje się na wysokości 60°C. Wówczas musi przepłynąć jej więcej. Jest to możliwe tylko przy odpowiedniej przepustowości grzejnika. Po inżyniersku ujmując: przy odpowiednio niskim oporze hydrodynamicznym.

Dlatego moc grzewczą urządzenia odnosi się zawsze do konkretnych temperatur wody zasilającej i powrotnej oraz pomieszczenia. Wartości tej mocy producenci podają zwykle dla tradycyjnych parametrów 90/70/20°C; miano °C zwykle się pomija. W instalacjach o parametrach niższych, a takie się obecnie stosuje coraz powszechniej, ta moc będzie niższa. Woda wypełniająca grzejnik pozostaje zawsze pod jakimś ciśnieniem. Jest ono praktycznie stałe w instalacji otwartej; zależy tylko od wysokości, na której znajduje się przelewowe naczynie zbiorcze, chroniące przed nadmiernym wzrostem ciśnienia. Kiedy temperatura, a więc i objętość wody rosną, nadmiar zostaje wepchnięty do tego naczynia. Poziom wody się w nim podnosi, ale nieodczuwalnie. W instalacji zamkniętej naczynie zbiorcze jest typu przeponowego. **Przypomnijmy: to zbiornik przedzielony szczelną membraną.** Po jednej stronie membrany przepływa woda grzewcza, po drugiej jest zamknięte powietrze. Kiedy objętość wody rośnie, powietrze zostaje ściśnięte. Woda chłodniejsza – powietrze się rozpręża. W takiej instalacji wahania ciśnienia są większe.

Maksymalne ciśnienie, pod jakim grzejnik może pracować, nazywa się **ciśnieniem roboczym**. Jego wartość mieści się zwykle między 0,5 a 1 MPa (5-10 bar). Oprócz tego producenci często podają **ciśnienie testowe** – czyli takie, pod jakim przeprowadzono próbę wytrzymałości. Zwykle jest ono o kilkadziesiąt procent wyższe niż robocze. Grzejnik może być poddany mu tylko na krótko.

ŻELIWNE CZŁONOWE

Najbardziej popularnym przedstawicielem tej grupy grzejników jest **żeliwny kaloryfer żeberkowy** **2**. Składa się z pewnej liczby jednakowych elementów, zwanych właśnie żeberkami. Skręcając je gwintowanymi tulejami uzyskuje się zestawy o różnej liczbie żeberek, a więc i różnej pojemności wodnej i powierzchni zewnętrznej.



2 Pojedyncze żeberko i skręcony zestaw żeberek, tworzący grzejnik

Przed piętnastu laty na pięć kupionych grzejników cztery były żeliwne. Obecnie proporcje się odwróciły: tego rodzaju jest zaledwie co piąty grzejnik

Cechy grzejników żeliwnych członowych:

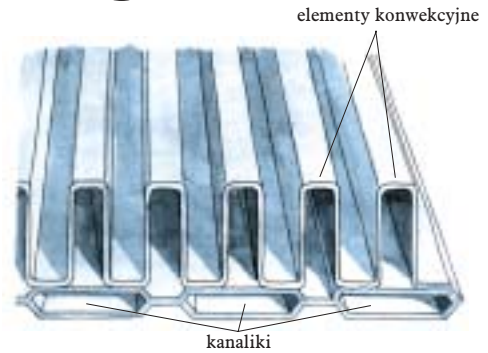
- **żeliwo** odznacza się dużą odpornością na korozję, grzejniki z niego są więc trwałe (czas użytkowania sięga pół wieku) i mało wrażliwe na jakość wody. Pozwala to stosować je w układach otwartych. Woda grzejna w nich pozostaje w styku z powietrzem, zawiera więc względnie dużo rozpuszczonego tlenu. Żeliwo nie stwarza też szczególnego zagrożenia tzw. **korozją elektrochemiczną**. Dochodzi do niej może tylko tam, gdzie w tej samej instalacji występują metale o różnej aktywności chemicznej, czyli mniej (aluminium) lub bardziej (miedź, mosiądz) szlachetne. Grzejniki żeliwne można łączyć z rurami ze wszystkich materiałów stosowanych w praktyce;
- w układzie z grzejnikami żeliwnymi **ciśnienie robocze** na ogół nie powinno przekraczać 0,6 MPa, a temperatura 95°C;
- **pojemność wodna** wynosi 8-10 l/kW;
- mechaniczna wytrzymałość materiału sprawia, że grzejnikom żeliwnym nie grożą uszkodzenia;
- grzejniki żeliwne mają **duże przekroje wewnętrzne**, a więc **małe opory przepływu**. Dlatego są szczególnie zalecane do instalacji z **grawitacyjnym obiegiem wody** – następującym bez udziału pompy, tylko wskutek naturalnego unoszenia lżejszej wody ogrzanej i opadania cięższej ochłodzonej (konwekcja). Innym skutkiem tej wielkości przekrojów jest **duża pojemność wodna**, czyli **duży zład**. W połączeniu z dość dużą masą żeliwa nadaje to grzejnikom **dużą bezwładność cieplną**. Grzejniki takie wolniej się nagrzewają, ale też dłużej przechowują ciepło po ustaniu zasilania;
- mocowanie grzejników żeliwnych wymaga stosowania specjalnych rodzajów **zawieszek**;
- są eleganckie, w różnych kształtach i kolorach **3**, **4**. Modułowość ułatwia dobranie odpowiednich mocy grzewczych;
- są konkurencyjne cenowo.



3 Dekoracyjny stojący grzejnik żeliwny (fot. Viadrus)



4 Grzejniki żeliwne o nietradycyjnym wyglądzie; widoczne w głębi mają dodatkową przednią powierzchnię grzewczą (fot. Viadrus)



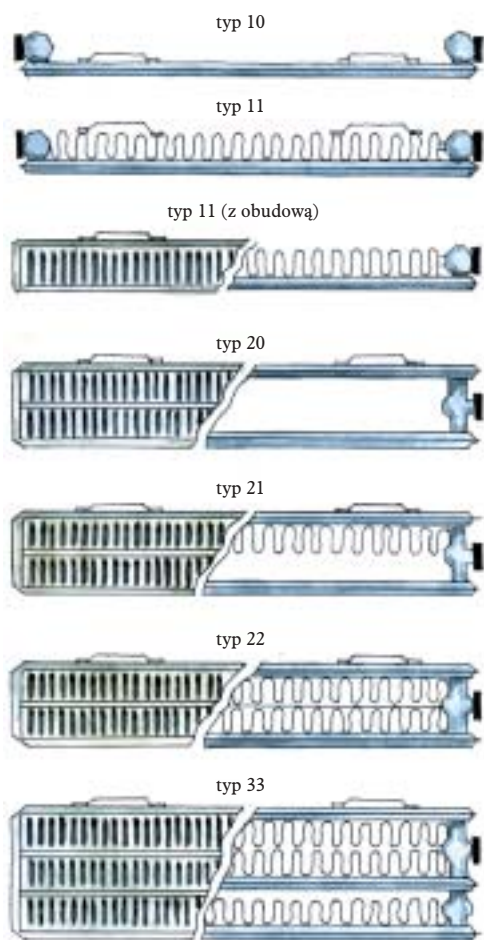
5 Budowa pojedynczego elementu grzejnika płytowego

STALOWE PŁYTOWE

Obecnie grzejniki płytowe zyskały pozycję lidera. Ocenia się, że w polskich domach jednorodzinnych na 5 instalowanych grzejników 4 są płytowe.

Elementy grzejne (płyty) **grzejników płytowych** są tworzone przez zgrzanie dwóch arkuszy blachy stalowej walcowanej na zimno, uformowanej tak, że powstają kanaliki, którymi przepływa woda **5**. Grubość blachy najczęściej wynosi 1,25 mm (min. normy określają na 1,11 mm). Do płyt mogą być dogrzone elementy konwekcyjne z blachy, rozwijające powierzchnię oddawania ciepła. Płyty łączy się w różne konfiguracje, tzw. **typy**. Na ich oznaczenie przyjęło się używać oznaczeń dwucyfrowych. Pierwsza cyfra oznacza liczbę płyt grzewczych, druga – liczbę elementów konwekcyjnych. I tak najprostszy typ 10 to po prostu pojedyncza płyta grzejna. Tego rodzaju grzejnik szczególnie nadaje się do pomieszczeń o podwyższonych wymaganiach higienicznych (np. sypialnia dziecka podatnego na alergię), bo łatwo go utrzymać w czystości. Typ 11 to ta sama płyta z blaszanym elementem konwekcyjnym. Typ 21 składa się z dwóch płyt, z których tylko jedna jest zaopatrzona w tenże element, itd. **6**. Poszczególni producenci dodają oznaczenia literowe, które mogą wskazywać np. układ elementów, obecność obudowy (zwykle pełnej po bokach i perforowanej u góry), czy standard wykończenia.

Z punktu widzenia użytkowego **najkorzystniejsze** są grzejniki typu 11 z tylnym ożebrowaniem konwekcyjnym. Odslonięta licowa strona płyty bez przeszkód przekazuje energię do pomieszczenia, a blacha konwekcyjna ogranicza jej wypromieniowywanie na ścianę. Jednakże obecnie mamy coraz większą szansę, że nasz system grzewczy będzie należał do niskotemperaturowych. Wobec względnie niskiej temperatury wody grzejnik musi być większy. Ale taki może nam się nie mieścić we wnęce podokiennej, gdzie chcemy go zainstalować. Nie pozostaje nic innego, jak skorzystać z typu o większej liczbie elementów.



6 Typy grzejników płytowych i ich oznaczenia

Cechy grzejników stalowych płytowych:

- ich **pojemność wodna** jest względnie niska, rzędu 2–3 l/kW;
- można im nadać elegancki wygląd przez nałożenie **powłoki lakierowej**. Zasadą jest, że ich powierzchnie zewnętrzne (jak zresztą wszystkich, z wyjątkiem żeliwnych) pokrywa się lakierem proszkowym wypa-

lanym piecowo. Mogą więc stanowić samoistny element dekoracyjny 7;

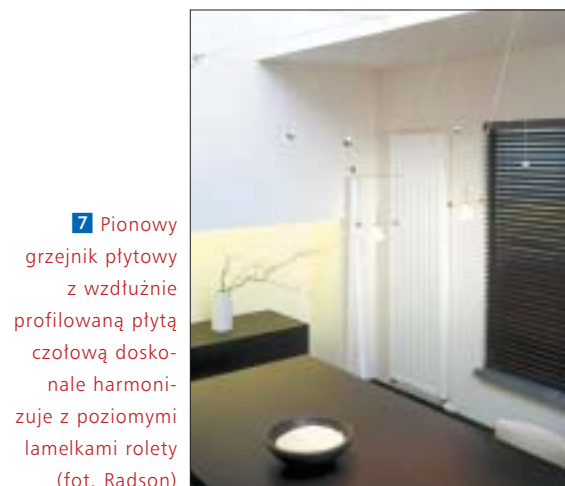
- lakier pełni też istotną **funkcję ochronną**. Stal bowiem nie jest odporna na korozję tak jak żeliwo. Należy więc unikać instalowania grzejników płytowych w pomieszczeniach szczególnie wilgotnych;
- **moc grzewcza** jest niejako zadana fabrycznie, raz na zawsze. Nie można jej zmieniać przez odejmowanie lub dodawanie członów, jak to się robi w przypadku grzejników żeberkowych. Dlatego każdy typ grzejnika płytowego wytwarza się w różnych wymiarach;
- niektóre typy grzejników mają od spodu fabrycznie wbudowany **zespół zaworowo-przłączny**. Umożliwia on podłączenie grzejnika za pomocą prawie niewidocznego kawałka rury przy podłodze;
- **ciśnienie robocze** (maksymalne) mieści się zwykle w przedziale 0,6–1 MPa. Temperatura wody została w Polsce ograniczona do 95°C;
- grzejniki płytowe są przeznaczone do instalacji z **obiegiem wymuszonym**.

GRZEJNIKI KONWEKTOROWE

Grzejniki konwektorowe 8 składają się z rurek miedzianych, zaopatrzonych w ożebrowanie konwekcyjne z blachy aluminiowej. Przepływa nimi woda zasilająca. Przy tej konstrukcji przeszło 80% energii jest przekazywane przez unoszenie.

Cechy grzejników konwektorowych:

- przekroje ich rurek są małe, mają więc także **małą pojemność wodną**. Wymagają więc bardzo dokładnego projektowania i precyzyjnej regulacji;
- obudowa nie styka się bezpośrednio z czynnikiem grzewczym. Pozostaje więc wyraźnie chłodniejsza niż on (**niska temperatura dotykowa**). To dodatkowa zaleta;
- są lekkie i trwałe, ale podatne na uszkodzenia mechaniczne;
- niezbyt łatwo utrzymać je w czystości;



7 Pionowy grzejnik płytowy z wzdłużnie profilowaną płytą czołową doskonale harmonizuje z poziomymi lamelkami rolety (fot. Radson)



8 Grzejniki konwektorowe (wg Convector)

- dostępne są w wielu rozmiarach i typach wykończenia, np. zestaw przyłączny może być przystosowany do zasilania od dołu lub z boku. Wytwarza się też wersje z wmontowanym **nawilżaczem powietrza**;
- praktycznie nie występuje w nich **elektrokorozja**, woda bowiem styka się w nich tylko z miedzią;
- **ciśnienie robocze** mieści się zwykle w granicach 0,4–0,6 MPa.

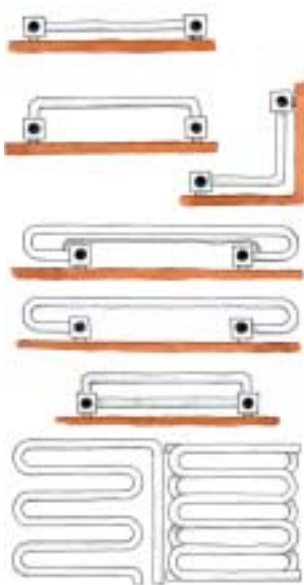
GRZEJNIKI RUROWE

Grzejniki rurowe mają najczęściej postać drabinki z rurek miedzianych lub stalowych. Szereg poziomych przewodów roboczych jest podłączony do pionowych kolektorów zasilającego i powrotnego. W grzejnikach stalowych kolektory mają zwykle przekrój kwadratowy, w miedzianych – okrągły. Spotyka się również wersje odwrotne (pionowe szczelki między poziomymi kolektorami) oraz konstrukcje innego rodzaju, gdzie np. pojedyncza długa rura grzejna jest wygięta w kształt wężownicy **9**.

Grzejniki rurowe kojarzy się przede wszystkim z łazienkami, w których służą zarazem jako suszarki, np. do ręczników. Niemniej spotyka się też rozwiązania nietypowe i eleganckie, pomyślane jako element dekoracyjny w salonie czy przedpokoju **10**. Interesującym zastosowaniem jest wykorzystanie wysokiego grzejnika jako ażurowej ścianki działowej.

Cechy grzejników rurowych:

- dostępne są w bogatej gamie kolorów. Coraz częściej stosuje się w nich estetyczne **spawanie laserowe**,



9 Różne konstrukcje grzejników rurowych



10 Gdyby nie elementy przyłączne u dołu, trudno by było poznać, że to grzejnik rurowy... (fot. Instal-Projekt)



11 Grzejnik rurowo-segmentowy Tubus; po lewej wersja z podłączeniem dolnym, po prawej „higieniczna”, z kółkiem (fot. Instal-Projekt)

dające spoiny niewidoczne, o gwarantowanej szczelności;

- w wielu grzejnikach można zastosować **dotłoczone grzałki**. Ich moc zazwyczaj mieści się między 200 a 900 W. Podłącza się je od dołu za pomocą specjalnego **trójnika**. Grzałki umożliwiają użytkowanie urządzenia poza sezonem grzewczym. Zainstalowany w nich układ termostatyczny utrzymuje stałą temperaturę czynnika grzejnego do 50°C. Układ ten pełni również **funkcje zabezpieczające**. Przerzywa mianowicie obwód zasilania, kiedy temperatura grzejnika podniesie się do 70°C. Dochodzi do tego np., gdy nie jest on napełniony wodą;
- oryginalny rodzaj grzejników rurowych wprowadził polski producent wyrobów tej grupy **11**. „Drabinka” z trzech rur tworzy tu segment zbliżony do takiego, z jakiego zestawia się członowe grzejniki żeliwne. I tak też można te segmenty łączyć w różnej długości zestawy. Skrajny segment pojedynczy jest przystosowany do tradycyjnego podłączenia bocznego, podwójny – do dolnego. Warte uwagi jest wersja „higieniczna” – z kółkiem. Przy zastosowaniu specjalnej przegubowej bocznej armatury przyłączeniowej uzyskuje się grzejnik obrotowy. Na stałe jest ustawiony przy ścianie, równoległe do niej, można go jednak odchylić do pozycji prostopadłej. Uzyskuje się doskonały dostęp zarówno do jego tylnej powierzchni, jak i do ściany, normalnie nim zasłoniętej. Ma to istotne znaczenie dla zachowania czystości;
- **ciśnienie robocze** zwykle mieści się w zakresie od 0,6 do 1 MPa, temperatura wody może wynosić do 95°C.

GRZEJNIKI ALUMINIOWE

Grzejniki aluminiowe należą do członowych **12**. Wytwarza się je albo przez ciśnieniowe odlewanie poszczególnych modułów, albo przez skracanie wyciskanych kształtowników w zestawy przy użyciu



12 Grzejnik aluminiowy (fot. Fondital)

specjalnych złączek. Spotyka się drabinki z rur aluminiowych z blachami konwekcyjnymi z tego metalu.

Cechy charakterystyczne grzejników aluminiowych:

- materiał, z którego są wykonane, odznacza się doskonałym przewodnictwem cieplnym;
- moduły skręcane wolne są od zanieczyszczeń wewnętrznych, mają też wąskie kanały, a więc i **małą pojemność wodną**. Dzięki temu dobrze współpracują z **układami dynamicznymi, zautomatyzowanymi**. Odlewane mają pojemność wodną większą i niższe opory przepływu. Podobnie więc jak żeliwne nadają się do instalacji z grawitacyjnym obiegiem wody;
- kolor można im nadawać nie tylko przez lakierowanie, ale także przez proces elektrochemiczny zwany **anodowaniem** lub **eloksalacją** – czyli elektrolitycznym utlenianiem (oksydowaniem) aluminium;
- są bardzo odporne na korozję;
- aluminium ma **małą wytrzymałość mechaniczną**. Łatwo, np. przez kilkakrotne rozłączenie i ponowne łączenie modułów, doprowadzić do uszkodzeń i rozszczelnienia. Na uszkodzenia narażone jest też ożebrowanie. Ono samo z kolei zagraża firankom czy zasłonom;
- **ciśnienie robocze** nie powinno przekraczać 0,6 MPa, temperatura wody 95°C.

ZAWORY

Nieodzownym dodatkiem do grzejnika wodnego stał się obecnie **zawór termostatyczny**. Pozwala dostosować cieplną wydajność do potrzeb konkretnego pomieszczenia, podczas gdy automatyka ciepła kotła lub węzła cieplnego reguluje moc dla całego domu.

Na zawór termostatyczny składają się dwa oddzielne elementy: sam **zawór**, zwany też **wkładką zaworową**, oraz sterująca nim **głowica termostatyczna** 13. Czynnym elementem zaworu jest grzybek, oparty na sprężynie. Dociśnięty do gniazda zamyka przepływ wody. Odsunięty od niego na całą odległość, na jaką pozwala konstrukcja, umożliwia pełny przepływ. W położeniach pośrednich odpowiednio ten przepływ ogranicza. **Trzpień**, ustalający położenie grzybka, w zaworze tradycyjnym jest zagłębiany lub wysuwany przez obrót pokrętki. W termostatycznym funkcję tę spełnia **czujnik** umieszczony w głowicy. Pod jego działaniem 13 Głowica trzpień wsuwa się w zawór, może zdobić (fot. Heimeier)



NIEZBĘDNIK KUPUJĄCEGO GRZEJNIKI

- Zwróć uwagę na parametry instalacji. Producenci podają w tabelach moc grzejników dla określonych parametrów instalacji (temperatury zasilania i powrotu). Jeśli temperatura w twojej instalacji jest inna, obliczoną wcześniej moc grzejników trzeba przeliczyć za pomocą współczynników korekcyjnych i dopiero wtedy dobierać grzejniki z katalogu producenta. Najlepiej, gdy zrobi to projektant instalacji. Tabele współczynników korekcyjnych są dostępne u producentów.
- Sprawdź, czy grzejnik ma wszystkie elementy. Grzejniki powinny być fabrycznie wyposażone w korki odpowietrzające oraz zestaw zawieszek, kołków rozporowych i śrub.
- Zdecyduj, czy grzejnik ma być podłączony z lewej, czy z prawej strony. Grzejniki jednopłytkowe z podłączeniem od dołu są produkowane jako prawe (mają króćce przyłączeniowe z prawej strony) lub lewe (z króćcami z lewej strony). Grzejniki dwupłytkowe są uniwersalne. Można je podłączyć zarówno z prawej, jak i lewej strony.
- Dowiedz się, na ile lat producent udziela gwarancji (zwykle jest to 5-6 lat).
- Sprawdź, czy wybrany produkt ma potrzebne dopuszczenia. Grzejniki powinny mieć aktualne dopuszczenia: Deklarację Zgodności z Polską Normą PN-EN 422 lub Deklarację Zgodności z Aprobatacją Techniczną.

przybliżając grzybek do gniazda, a więc zmniejszając przepływ wody, lub wysuwa się, pozwalając sprężynie oddalić grzybek, czyli ten przepływ zwiększyć. **Czujnik** ma zwykle postać falistego mieszka metalowego, wypełnionego gazem lub cieczą, znacznie zmieniającego wymiary pod wpływem zmian temperatury.

Zawór termostatyczny nie tylko podnosi komfort w mieszkaniu, pozwalając uzyskać stałą temperaturę bez bieżącego udziału użytkownika. Przynosi także **oszczędności energetyczne**. Ocenia się je przeciętnie na 10-15%, ale w niektórych wypadkach sięgają nawet 30%.

Należy jeszcze wspomnieć o dwóch rodzajach zaworów, o których warto pomyśleć przy instalowaniu grzejników.

Jeden to **zawór odpowietrzający**. Umieszcza się go w najwyższym punkcie grzejnika. Może być sterowany ręcznie lub automatyczny. To drugie rozwiązanie jest nie tylko dogodniejsze, ale także zapewnia odpowietrzanie na bieżąco, a nie tylko wtedy, kiedy pocujemy, że coś z tym grzaniem nie w porządku.

Drugi to **zawór powrotny**, zakładany na przewodzie odprowadzającym wodę z grzejnika. Po zamknięciu obu zaworów, na wejściu i powrotnego, można grzejnik zdjąć, np. aby go wypłukać czy pomalować ścianę za nim, bez konieczności spuszczenia całego zładu.

OGRZEWANIE PODŁOGOWE

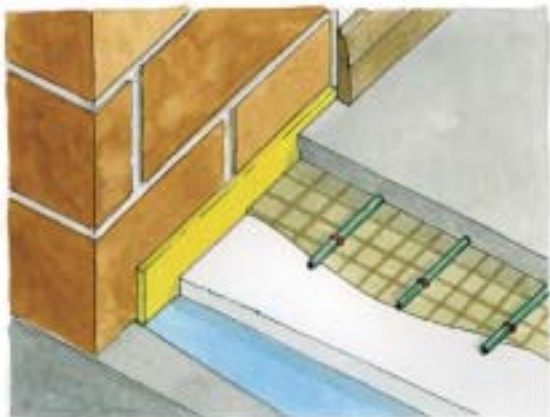
Czy warto? Ogrzewanie podłogowe ma wiele zalet. Daje rozkład temperatur zbliżony do idealnego: najcieplej u dołu, chłodniej u góry, równomiernie na całej powierzchni ¹⁴. Dzięki temu ciepły komfort przebywania w pomieszczeniu uzyskuje się przy średniej temperaturze o 2-3°C niższej niż przy tradycyjnych grzejnikach pod oknami. Przynosi to oszczędność energii do 15%.

W przypadku ogrzewania wodnego dochodzi kolejna oszczędność: zmniejszenie strat ciepła w instalacji zasilającej. Temperatura w niej nie przekracza 55°C, podczas gdy w tradycyjnym układzie grzejnikowym mieści się między 70 a 90°C. Łączne oszczędności w użytkowaniu sięgają 30%. Tak więc bywa, że początkowe nakłady na wodne ogrzewanie podłogowe, o jedną piątą wyższe, zwracają się już po dwóch latach.

W pomieszczeniu z ogrzewaniem podłogowym najcieplej jest w dolnych częściach, przy podłodze, a najchłodniej w górnych. Ciepło nie krąży wokół ścian, tylko rozchodzi się równomiernie po całym pomieszczeniu – od podłogi ku sufitowi.



¹⁴ Pionowy rozkład temperatury w pomieszczeniach z różnymi systemami ogrzewania (rys. Aquatherm)



15 Układ elementów ogrzewania podłogowego

Zaletą wszystkich rodzajów ogrzewania płaszczyznowego jest to, że dają swobodę urządzania wnętrza (z małym wyjątkiem, o którym niżej). Nie ograniczają jej rury i grzejniki. Ogrzane powietrze unosi się równomiernie na całej powierzchni. Nie ma więc tych jego ruchów, które obniżają komfort przebywania w pomieszczeniu i którym towarzyszy krącenie kurzu, dokuczliwe dla uczuleniowców.

System jest niezawodny i trwały, a ponadto przyjazny środowisku. „Wymusza” bowiem niejako stosowanie ekologicznie czystych niskotemperaturowych kotłów gazowych lub korzystanie ze źródeł alternatywnych, jak energia słoneczna czy geotermalna (pompy ciepła).

Ogrzewanie podłogowe ma też swoje ograniczenia. Jedno z nich dotyczy mocy. Nie można jej zwiększać dowolnie, tak jak do kaloryfera dokłada się kolejne żeberka. **Temperatura posadzki w pomieszczeniu, w którym przebywają ludzie, nie może przekraczać 29°C** (stąd wspomniane ograniczenie temperatury czynnika grzewczego do 55°C). Powierzchni posadzki, co oczywiste, zwiększyć nie można tym bardziej. Jeśli moc grzejnika płaszczyznowego ma wystarczyć, budynek powinien być nie tylko dobrze izolowany, ale też odpowiednio wentylowany, z ograniczeniem strat energii (tzw. rekuperacja). Nie zawsze oba te wymagania mogą być spełnione w stopniu wystarczającym. **Dlatego w polskich warunkach jako racjonalne możemy przyjąć rozwiązanie mieszane: grzejniki w pokojach, ogrzewanie podłogowe w holu, łazience, kuchni – czyli w pomieszczeniach, w których posadzki są odczuwane jako zimne.**

WODNE CZY...

Zasada działania ogrzewania wodnego jest prosta: ciepła woda z kotła lub innego źródła krąży w rurach grzewczych z tworzywa sztucznego lub miedzi, zatopionych w podkładzie podłogowym (z niemiecką czasem jeszcze zwanym jastrychem). Łącznie stanowią tzw. płytę grzejną 15. W domach jednorod-

zinnych na podkład najczęściej stosuje się cement marki co najmniej 20; niektórzy zalecają 35. Kruszywo żwirowe powinno mieć wymiary ziaren do 8 mm i tzw. ciągłą krzywą przesiewu; oznacza to, że obecne powinny być wszystkie ich wielkości. Zazwyczaj też dodaje się środka uelastyczniającego. Zmniejsza on porowatość betonu, uszczelnia go, a tym samym zwiększa jego przewodnictwo cieplne. Samopoziomujące wylewki z anhydrytu (odwodniony gips) wykonuje się rzadziej. Materiał ten bowiem nie nadaje się do pomieszczeń silnie zawilgoconych. Ponadto gorzej przewodzi ciepło.

Grubość podkładu musi być taka, żeby nad rurami było go co najmniej 5 cm. Wymagają tego względy wytrzymałościowe. Łącznie więc powinna być nie mniejsza niż 6,5 cm. Można ją zmniejszyć o 2 cm, stosując specjalne dodatki lub siatkę zbrojeniową. W nowym domu jednorodzinym jednak taka potrzeba raczej nie zachodzi.

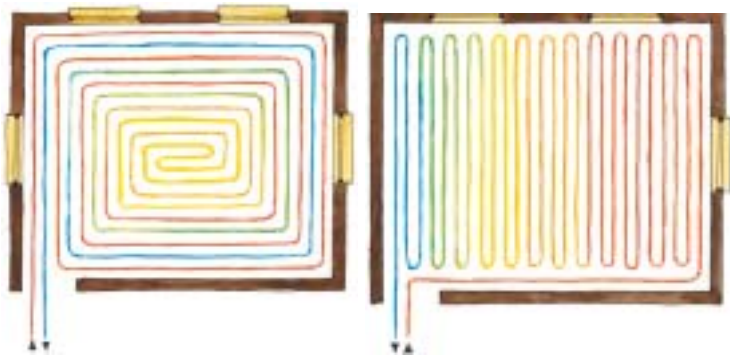
WODNE GRZEWANIE PODŁOGOWE – ZA I PRZECIW

ZALETY

- zapewnia komfort – ze względu na korzystny rozkład temperatury,
- jest trwałe – m.in. dzięki niskim temperaturze i ciśnieniu pracy,
- jest oszczędne w eksploatacji – ze względu na niskie parametry pracy i możliwość zasilania przez wysokosprawne kotły kondensacyjne,
- jest niewidoczne – pasuje do każdego wnętrza,
- jest dobre dla alergików – bo nie powoduje krącenia cząstek kurzu oraz jest pozbawione elementów grzejnych, na których kurz mógłby się osadzać,
- jest ekologiczne – dzięki możliwości zasilania przez ekologiczne źródła ciepła.

WADY

- jest kosztowne na etapie realizacji,
- po wykonaniu podłóg, zmiany są bardzo trudne,
- wymaga współpracy instalatora z architektem już na etapie powstawania projektu,
- ogranicza swobodę wyboru posadzki,
- ma dużą bezwładność,
- zwiększa grubość podłóg.



16 Najczęściej stosowane układy rur grzejnych: meandrowy (u góry) i ślimakowy

ELEMENTY OGRZEWANIA WODNEGO

Rury grzewcze wytwarza się najczęściej z tworzywa sztucznego – polipropylenu PP-R (PP typ 3), polibutylenu PB lub usieciowanego polietylenu o wysokiej gęstości (PEX-HD). Mają średnicę zewnętrzną 16 lub 17 mm, rzadziej 20 mm. Odnaczają się wysoką wytrzymałością mechaniczną oraz odpornością na starzenie cieplne i korozję materiałową. Ich trwałość oblicza się na co najmniej pół wieku.



A Rura grzejna z polibutylenu, zaopatrzona w warstwę tleno-szczelnego tworzywa EVOH

Rur się nie łączy. Każdy odcinek stanowi jednolity obwód grzewczy (pętlę), połączony z zasilającym i powrotnym przewodem instalacji grzewczej. Różni producenci podają dla swoich wyrobów maksymalną długość pętli. Przewody powinny być szczelne dyfuzyjnie. Oznacza to, że nie mogą przepuszczać tlenu, który mógłby przenikać z otoczenia. Dlatego mają zewnętrzną powłokę ze specjalnego tworzywa lub aluminium albo odpowiednią warstwę wewnątrz **A**.

Zwyczaj od ogrzania nie wystarcza jedna pętla grzewcza. Przy średnim zagęszczeniu przewodów typowa maksymalna długość ledwie wystarcza na pomieszczenie o powierzchni 20 m². Dlatego strumień wody z kotła czy innego źródła ciepła trzeba rozgaleć na kilka obwodów. Służy do tego **rozdzielacz**. Wyglądem przypomina odcinek grubszej rury, zwykle mosiężnej, z szeregiem krótkich cieńszych rurek bocznych (króćców), na których lub w których zaciska się końce przewodów grzejnych. W rzeczywistości budowa tego elementu jest bardziej złożona. Umożliwia m.in. zestawianie rozdzielaczy z różną liczbą króćców. Do każdej pętli grzewczej potrzebne są dwa rozdzielacze: zasilający i powrotny. Umieszcza się je w szafkach wbudowanych w ścianę.

Woda doprowadzana do przewodów ogrzewania podłogowego nie może mieć temperatury wyższej niż 55°C. Taka może opuszczać urządzenie grzejne – pompę ciepła, odpowiednio wyregulowany kocioł gazowy. Są jednak źródła, których automatyka takiego ograniczenia nie zapewnia. Ponadto w budynku mogą być odbiorniki ciepła, np. grzejniki punktowe we wspólnej instalacji, wymagające wody o temperaturze wyższej. W takim przypadku wodę do ogrzewania podłogowego chłodzi się dodatkiem zimnej. Służy do tego **układ mieszający**, sterowany zazwyczaj przez czujnik pogody i programowany zegar nastawny. Przy niewielkich ogrzewanych powierzchniach (do 80 m²) może on być zablokowany z rozdzielaczem.

Izolacja cieplna, umieszczona pod płytą grzejną, jest nieodzowna w każdej konstrukcji podłogi ogrzewanej. Chroni przed ucieczką ciepła do stropu. Ma postać rozwijanej maty lub płyt ze styropianu, twardej pianki poliuretanowej albo kombinacji tych materiałów.

W trakcie wylewania płyty podkładu izolacja cieplna mogłaby ulec uszkodzeniu. Chroni ją przed tym specjalna **folia rastrowa**, aluminiowa lub polietylenowa. Bywa fabrycznie naklejona na płyty czy maty izolacyjne. Nazwa bierze się stąd, że jest na niej nadrukowana siatka linii (raster), ułatwiająca właściwe układanie rur.

Przed wylaniem płyty betonowej (podkładu) przy ścianach i innych elementach pionowych trzeba ułożyć taśmę elastyczną, najczęściej ze spienionego polietylenu. To tzw. **taśma brzegowa**. Ma zwykle grubość niespełna 1 cm, wysokość 15 cm. Spełnia kilka ważnych funkcji. Przede wszystkim powoduje, że płyta grzejna nie styka się bezpośrednio ze ścianami, ewentualnie słupami, rurami. Ten odstęp nazywa się **obwodową szczeliną dylatacyjną**. Wypełniająca ją taśma przejmuje skutki cieplnego rozszerzania i kurczenia się dużych betonowych płyt grzejnych. Są one bowiem od podłoża konstrukcyjnego oddzielone izolacją cieplną, mają więc pełną swobodę przemieszczania się (tzw. podłoga pływająca). Przy powierzchniach przekraczających 40 m² płyty grzejne dzieli się na mniejsze pola, zapobiegając w ten sposób nadmiernemu rozszerzaniu. W szczelinach dylatacyjnych również umieszcza się tę taśmę. Ponadto cieplnie i akustycznie odizolowuje ona podłogę od ścian. Jej szerokość jest większa niż standardowa łączna grubość warstw podłogowych. Ten nadmiar odcina się po ułożeniu posadzki.

Podczas użytkowania temperatura podłogi nie powinna przekraczać określonych wartości. I tak maksymalna temperatura podłogi w pomieszczeniach stałego przebywania ludzi, takich jak salon to 26°C, a w łazienkach 34°C. Pod oknami i wzdłuż ścian zewnętrznych (w tzw. strefach brzegowych) temperatura może być wyższa: 35°C. Taka temperatura podłogi pozwala uzyskać wymaganą temperaturę: 24°C w łazienkach i 20°C w pozostałych pomieszczeniach mieszkalnych (w warunkach obliczeniowych, to znaczy wtedy, gdy na zewnątrz panuje najniższa przyjmowana do projektowania temperatura – w Polsce od -16 do -24°C, zależnie od regionu kraju).

Wykonanie ogrzewania podłogowego zaczyna się od sprawdzenia równości podłoża. Jeśli odchylenia przekraczają 5 mm, należy najpierw wylać warstwę wyrównawczą. Następnie umieszcza się taśmę brzegową. Na całej powierzchni układa się izolację cieplną. Jeśli nie jest fabrycznie pokryta rastrową folią dzielącą, rozciąga się tę folię. Na niej ślimakowo lub meandrowo **16** rozkłada się rury grzewcze, korzystając z wypustek w płytach izolacji lub z osobnych szyn montażowych z zaczepami. Co kilkadziesiąt centymetrów za pomocą specjalnych uchwytów (spinek) rury mocuje się do izolacji. Odstęp między rurami są określone w projekcie. Przy chłodnych ścianach zewnętrznych często się je zagęszcza, tworząc tzw. strefę brzegową. Między rurami w wyznaczonych miejscach układa się czujniki temperatury.

Po ułożeniu rur przeprowadza się próbę ciśnieniową. Jeśli wypadnie pomyślnie, można całość zalać wylewką betonową. W trakcie tej czynności rury grzewcze muszą być wypełnione wodą pod ciśnieniem. Po odczekaniu, aż beton nabierze pełnej wytrzymałości (trwa to kilka tygodni), można przystąpić do układania posadzki.

O CZYM WARTO PAMIĘTAĆ?

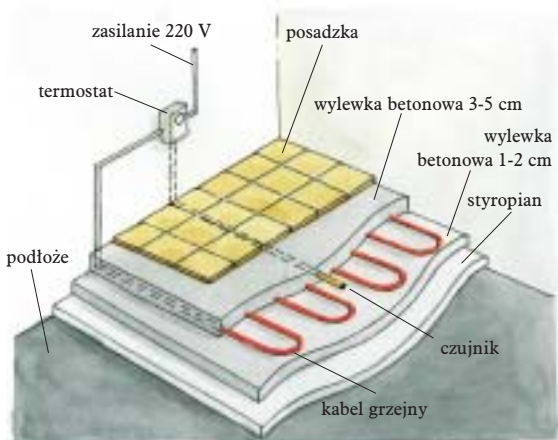
Decydując się na ogrzewanie podłogowe, należy bezwzględnie wykonać projekt. Jeśli weźmiemy pod uwagę znaczny koszt instalacji, skomplikowaną automatykę oraz brak możliwości późniejszych poprawek, nie będziemy mieć już żadnych wątpliwości. Nie warto również oszczędzać na automatyce, opłaca się zatrudnić instalatora z doświadczeniem, najlepiej przeszkolonego przez producenta systemu. Gwarancja udzielana na ogrzewanie podłogowe jest długa, nawet dziesięcioletnia (nie dotyczy jednak automatyki, którą obejmuje zwykle roczny okres gwarancyjny). Przed zakupem zapytajmy o warunki, jakie należy spełnić, by ją uzyskać. Często podstawowym warunkiem jest zastosowanie wyłącznie elementów danego systemu i wykonanie instalacji przez autoryzowaną ekipę rekomendowaną przez producenta.

Projekt, ważny przy każdej pracy, w przypadku ogrzewania podłogowego nabiera znaczenia szczególnego. Oprócz zagadnień technicznych, jak średnica i rozstaw rur, grubość izolacji, rozmieszczenie szczelin dylatacyjnych, hydrauliczna regulacja obwodów grzewczych, rodzaj i grubość wykładzin podłogowych, powinien uwzględnić urządzenie pomieszczeń. Pozwoli to później uniknąć niepotrzebnego grzania pod urządzeniami czy meblami rozmieszczonymi na stałe, jak wanna czy szafki kuchenne. Stanowi to wspomniane na wstępie ograniczenie swobody urządzania wnętrza, dokładniej: zmiany tego urządzenia. Projekt techniczny wraz z ewentualnymi poprawkami powykonawczymi należy przechowywać. Unikniemy kłopotów przy pracach remontowych, kiedy trzeba będzie np. wierceć otwory w posadzce. Naprawa rurociągu grzewczego, który łatwo przy tym uszkodzić, jest trudna i zwykle wymaga zrujnowania posadzki.

Organizacja pracy w przypadku podłogi ogrzewanej ma znaczenie szczególne. **Unikajmy rozdzielania prac między dwie ekipy: instalatorów, układających przewody i podłogowców, wylewających płytę grzejną i wykonujących posadzkę.** Pierwsi nie przejmują się na ogół tym, co dalej będzie z instalacją. Drudzy nie zawsze znają szczególne wymagania instalacji. Przemieszczają rury grzejne lub je wręcz uszkodzają, jeżdżąc po nich taczkami. Źle dobierają skład mieszanki betonowej. Posadzką przykrywają szczeliny dylatacyjne wyznaczone przez instalatorów. Dlatego lepiej się zdecydować na jedną ekipę; najlepiej – zalecaną przez producenta systemu. Zwykle jest droższa, ale bierze odpowiedzialność za całość prac.

... ELEKTRYCZNE?

Elektryczne elementy grzejne mogą być zatopione w wylewce betonowej niewielkiej grubości, do 5 cm [17]. Układ warstw jest taki sam jak przy ogrzewaniu wodnym. Jednakże względy wytrzyma-



[17] Konstrukcja podłogi z ogrzewaniem elektrycznym

KABEL I MATA



A Kable grzejne: dwustronnie zasilany (u góry) i jednostronnie zasilany, w tym przypadku obie żyły są grzejne

Zwyczaj w podkładzie podłogowym zatapia się **kabel grzejny A**. Składa się on z kilku warstw. Jego rdzeniem jest drut oporowy (żyła), w którym energia elektryczna przechodzi w ciepłą. W najprostszym kablu, zasilanym dwustronnie, ten rdzeń otacza izolacja z tworzywa sztucznego. Ją z kolei oplata ekran, zazwyczaj z siatki miedzianej. Chroni on przed porażeniem, a ponadto ogranicza rozchodzenie się pola elektromagnetycznego, towarzyszącego przepływowi prądu. Z zewnątrz całość osłania płaszcz, najczęściej z PVC. Grubość takiego kabla przekracza nieznacznie 5 mm. Żeby przez niego płynął prąd, trzeba do sieci podłączyć oba jego końce. Moc obwodu można regulować dość swobodnie, dobierając długość kabla. Im odcinek krótszy, tym moc większa, ale i bardziej skupiona. Kabel więc nagrzewa się do wyższej temperatury. Nie może ona jednak przekroczyć wartości podanej przez producenta. Zazwyczaj jest o kilka-kilkanaście stopni wyższa niż 55°C – dopuszczalna temperatura elementów ogrzewania podłogowego.

Większą swobodę układania daje kabel zasilany jednostronnie. Wewnętrzna izolacja mieści dwa oddzielone przewody. Mogą to być dwie jednakowe żyły grzejne albo jedna grzejna (z drutu oporowego) oraz nie grzejący przewód powrotny. Na jednym z końców są one fabrycznie połączone i zaizolowane. Kabel podłącza się do sieci tylko jednym końcem, tym otwartym. Kabel taki jest o kilka milimetrów grubszy niż zasilany dwustronnie.

Rzadziej, zwłaszcza w nowych domach jednorodzinnych, stosuje się **matę grzejną B**.

Składa się ona z gęstej siatki z tworzywa sztucznego i wplecionego w nią cienkiego kabla grzejnego. Jej grubość nie przekracza 3 mm. Matę można zatopić w bardzo cienkiej wylewce betonowej, co ma znaczenie przede wszystkim przy pracach renowacyjnych, kiedy istotne jest, by gruba podłoga nie zmniejszała wysokości pomieszczenia.



B Elektryczne ogrzewanie podłogowe z matą grzejną (fot. Elektra)

łościowe nie odgrywają tu tak istotnej roli jak tam. Cienka wylewka ma niewielką bezwładność cieplną. Intensywność grzania reguluje się więc na bieżąco, z wykorzystaniem czujników temperatury zatopionych razem z elementami grzejnymi. Taki system nazywamy **ogrzewaniem bezpośrednim**.

Różnica cen energii pobieranej nocą i za dnia zachęca, by przyjąć system inny, mianowicie **ogrzewanie kumulacyjne**. Płyta betonowa jest w tym przypadku znacznie grubsza, od 9 cm wzwyż. Ma więc dużą bezwładność cieplną – powoli się nagrzewa i długo oddaje ciepło zgromadzone (zakumulowane). Pozwala to pobierać energię elektryczną w porze, kiedy jest tańsza (taryfa nocna), a z ciepła korzystać w porze dziennej, kiedy jest ono najbardziej potrzebne.

Układanie ogrzewania elektrycznego przebiega podobnie jak w przypadku ogrzewania wodnego. Podobnie też w wylewce umieszcza się czujniki temperatury. Jednakże kabel grzejny nie może spoczywać bezpośrednio na izolacji cieplnej, a tym bardziej się w niej zagłębiać. Umieszcza się go wprawdzie na poprzecznych pasach taśmy montażowej z uchwytami



18 Mocowanie kabla grzejnego w taśmie montażowej

18, ale sama taśma jednak nie wystarcza jako element odległościowy. Układa się ją więc na cienkiej, choćby jednocentymetrowej pośredniej wylewce cementowej. Można też ułożyć stalową siatkę ogrodzeniową lub podtynkową i kabel mocować do niej drutem. Kabli nie wolno zasilać z typowych gniazd wtykowych. Podłączać je musi instalator z uprawnieniami do prac elektrycznych. Od zwarcí i przeciążeń instalację powinny chronić wyłączniki **nadmiarowo-prądowe** (czyli odpowiednik tradycyjnych korków), natomiast ludzi przed porażeniem – **różnicowo-prądowe** (reagujące na znikome różnice przepływu prądu w przewodach doprowadzającym i odprowadzającym prąd).

INSTALACJA GRZEWCZA KROK PO KROKU

W budynku wykonujemy instalację centralnego ogrzewania z grzejnikami płytowymi zasilanymi od dołu w rozdzielczowym układzie zasilania. Instalację prowadzimy pod wylewką podłogową (przed jej wylaniem) oraz przed otynkowaniem ścian.

- 1 Wyznaczenie miejsc zainstalowania grzejników z uwzględnieniem punktu podłączenia rur instalacyjnych oraz miejsca zainstalowania rozdzielacza na parterze i piętrze.
- 2 Wytyczenie linii przebiegu rur instalacyjnych np. kredą na podłodze, przy czym należy unikać przechodzenia rur przez otwór drzwiowy, a wprowadzać je do drugiego pomieszczenia przez przekucie w ścianie. Unikniemy w ten sposób niebezpieczeństwa przedziurawienia rury w przypadku np. osadzenia listwy progowej w drzwiach.
- 3 Wymierzenie długości rur potrzebne do ustalenia ilości ich zakupu. W instalacji stosujemy rury warstwowe PEX-Al-PEX o średnicy 16 mm prowadzone w rurce osłonowej tzw. peszlu.
- 4 Wykucie w ścianie otworu pod szafkę rozdzielczą oraz przekucie w stropie do doprowadzenia pionu. Wykonanie przekucia ścian w miejscach

przebiegu rur oraz bruzdy w miejscach podłączenia grzejników.

- 5 Montaż szafki rozdzielczej wraz z rozdzielaczem zespolonym o liczbie przyłączy odpowiadającej liczbie grzejników na danej kondygnacji. W rozdzielaczu warto zamontować indywidualne zawory odcinające pozwalające na odłączenie poszczególnych gałęzi w razie ich awarii.
- 6 Rozwinięcie i prostowanie rury instalacyjnej i pocięcie jej na potrzebne odcinki z zapasem ok. 20-30 cm. Na przycięte odcinki nasuwamy rurki osłonowe – czerwoną na przewód zasilający, niebieską na powrotny. Uwaga! Grzejniki zasilane od dołu pochodzące od różnych producentów mogą mieć różny układ podłączenia – skrajny króciec może być łączony z rurą powrotną lub zasilającą – na co trzeba zwrócić uwagę przy doprowadzaniu rur.
- 7 Za pomocą sprężyny należy ukształtować przez wyginanie podejścia do grzejników, zacisnąć na końcach kolana ustalone i prowizorycznie zamontować konsolę przyłączeniową. Montaż konsoli umożliwi uzyskanie wymaganego rozstawu końcówek przyłączeniowych, a kolana ustalone - zamocowanie rur do ściany na wysokości ok 12 cm od podłogi (po uwzględnieniu warstw wykańczających).
- 8 Rozłożenie rur wzdłuż linii przebiegu do rozdzielacza możliwie najkrótszą drogą. W przypadku zmian kierunku rury wygina się ręką o promieniu nie mniejszym niż 8 cm. Można prowadzić równolegle rury dochodzące do różnych grzejników.
- 9 Podłączenie końcówek rur do odpowiednich sekcji rozdzielacza oraz zamontowanie przewodów rur łączących rozdzielacze z kotłem.
- 10 Przeprowadzenie próby ciśnieniowej na zimno i przy zasilaniu gorącą wodą. Obieg wody w instalacji bez podłączenia grzejników zapewniają mostki rurowe podłączone do konsol przyłączeniowych.
- 11 Po pozytywnej próbie ciśnieniowej instalację można pokryć jastrychem betonowym, a przekucia w ścianach otynkować. ●

Alina Kwapisz
i Stanisław Stupkiewicz



Wszystkie produkty i firmy

liczące się na rynku znajdziesz w Informatorze Rynkowym Budownictwa Jednorodzinnego

tom 2 INSTALACJE 2005

PROMOCYJNE ZAMÓWIENIE IRBJ na str. 321