

Pokrycia dachów w budynkach halowych o konstrukcji stalowej

Dach, zwany inaczej piątą elewacją, musi być trwały, a jego właściwości termoizolacyjne są równie ważne, jak szczelność poszycia.

Hale są budynkami zwykle jednokondygnacyjnymi, chociaż w przypadku układów wielonawowych, niektóre ich fragmenty mogą być również ukształtowane jako kilkukondygnacyjne. Kształtowanie hal parterowych zależy przede wszystkim od trzech czynników: przeznaczenia, wyposażenia technologicznego oraz środków transportu wewnętrznego. Hale (nie tylko przemysłowe) są stosowane jako budynki produkcyjne, magazynowe, wystawowe, sportowe, szkolne czy obiekty obsługi podróżnych (hale dworców kolejowych, autobusowych, lotniczych).

Przeznaczenie budynków odgrywa decydującą rolę w ukształtowaniu ich bryły oraz sposobie ochrony wnętrza przed wpływami otoczenia. Wymusza to stosowanie przegród o odpowiednich parametrach izolacyjności cieplnej, wilgotnościowej i akustycznej. W obecnym procesie budowlanym, nastawionym na ekonomiczne rozwiązania, przeważają lekkie konstrukcje dachów stalowych. Z reguły stosowane są w obiektach ocieplonych, zatem, aby ograniczyć straty ciepła ich dachy również muszą mieć odpowiednią izolacyjność termiczną.

III Konstrukcje ram stalowych

Są to lekkie, estetyczne, trwałe i stosunkowo łatwe w montażu ustroje nośne. Ich podstawowe elementy to wiązary kratownicowe, dźwigary stalowe pełnościennie oparte na słupach stalowych lub żelbetowych, oraz płatwie, stężenia i przekrycie. Obecnie dachy w halach produkcyjnych lub magazynowych mają stalową konstrukcję płatwiową wykonaną z kształtowników zimno giętych, gorącowalcowanych, płatwi ażurowych i kratowych.



Fot. 1. Dach o konstrukcji ramy pełnościenniej z płatwiami kratowymi

Opracowanie: Radosław Murat

Konsultacja: Michał Bogacki, CoBouw Polska

Dźwigary pełnościennie

Wykonane są z dwuteowników lub belek walcowanych. Polecane do dachów o małych rozpiętościach (przy większych stają się nieekonomiczne). Można zastąpić je blachownicami, czyli belkami pełnymi bądź ażurowymi, wytwarzanymi z blach stalowych, spawanych ze sobą. Blachownice mogą być homogeniczne – wyprodukowane ze stali jednego gatunku lub hybrydowe – z dwóch gatunków (S 235 i S 355). W większości projektuje się je ze zmiennym przekrojem. Wysokości elementu dostosowuje się do wielkości momentów sił na długości elementu. Jako dźwigary dachowe stosuje się te o przekrojach IKS, IKSH, IPBS, rzadziej HKS. Ze względu na optymalizację konstrukcji są jednak coraz rzadziej stosowane. Częściej natomiast mają zastosowanie przekroje dwuteowe z falistym średnikiem wykonanym z cienkiej blachy (dzięki temu możemy uzyskiwać większe rozpiętości). Ich wysokość wynosi od 500 do 1500 mm, a grubość średnika to zaledwie 2–3 mm.

Dźwigary kratowe ramy

W zależności od potrzeb (przeznaczenia obiektu, wymaganej nośności, założeń architektonicznych) mogą mieć różne kształty. Projektowane są jako elementy belkowe, łukowe lub ramowe o zmiennym przekroju. Stosuje się je w konstrukcji dachów o dużych rozpiętościach. Ich pręty produkuje się z kształtowników walcowanych na gorąco lub cienkościennych profilowanych na zimno. Zaś połączenia (węzły) wykonuje się najczęściej poprzez spawanie oraz połączenia na śruby.

Największą popularnością cieszą się dźwigary kratownicowe płaskie, jednoprzęsłowe, np.:

- o pasach równoległych – stosowane w dachach jednospadowych, połaci poziomej lub szedowych (płaskich) o rozpiętości do 36 m;
- trójkątne – do dachów dwuspadowych o rozpiętości do 15 m i nachyleniu połaci 20–45%;
- dwutrapezowe, tradycyjne lub z obniżonym pasem dolnym – wykorzystywane do dachów o rozpiętości do 36 m i nachyleniu połaci 2–10%.

W kratownicach stosuje się różne typy skratowań:

- trójkątne bez słupka,
- trójkątne ze słupkiem,
- kratę W,
- kratę typu N,
- krzyżowe X,
- półkrzyżowe K.

Stężenia

Oprócz dźwigarów niezbędne są tzw. stężenia (inaczej tężniki), zapewniające konstrukcji wymaganą sztywność, stateczność i niezmienną geometryczną. Przenoszą też obciążenia poziome, np. od wiatru.



Fot. 2. Dach o konstrukcji ramy pełnościennej z płatwiami z profili zimogiętych typu Z

W dachach stosuje się stężenia połaciowe poprzeczne, podłużne i pionowe (międzyramowe), a także poziome poprzeczne i podłużne, umieszczane w poziomych pasów dolnych dźwigarów. Wykorzystuje się je w halach, w których przewidziano transport suwnicami.

III Dachy płatwiowe

W takich konstrukcjach stosuje się tzw. płatwie, rozmieszczone prostopadle do rygli ram, czyli równoległe do kalenicy dachu. Płatwie stanowią bezpośrednie oparcie dla płyt pokrycia dachowego.

Wyróżnia się trzy rodzaje płatwi:

- pełnościenne – wykonane z elementów walcowanych na gorąco (np. dwuteowników i ceowników) lub zrobione z kształtowników zimnogiętych, z blachy ocynkowanej (profile ceowe, zetowe lub sigma). Płatwie ze stali ocynkowanej, dzięki niskiej wadze i prostym montażu, są obecnie najpopularniejsze.
- kratowe – jednoprzęsłowe o dużej sztywności podłużnej, wytwarzane z elementów kształtowników ze stali walcowanej na gorąco. Są bardzo ekonomiczne w produkcji. Ich wysokość konstrukcyjna wynosi od $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{18}$ rozpiętości. Stosuje się je przy rozpiętościach powyżej 10–12 m. Ustawiane są pionowo w stosunku do dźwigarów;
- ażurowe – o zasięgu zbliżonym do kratowych. Są to elementy o podwyższonym, ażurowym środku, który powstaje przez rozcięcie na pół dwuteownika, biegnące po linii łamanej. Dwie połowki dwuteownika zestawia się następnie ze sobą z przesunięciem i łączy. W ten sposób powstaje ażurowa forma. Otwory w środku mogą być okrągłe, heksagonalne lub kwadratowe.

III Dachy bezpłatwiowe

W ich przypadku obciążenia pochodzące z pokrycia z blachy trapezowej, paneli stalowych lub płyt betonowych są przekazywane wprost na elementy nośne konstrukcji (np. ramy pełnościenne).



Fot. 3. Hala o konstrukcji ramy pełnościennej, dach bezpłatwiowy

III Pokrycia dachów bezpłatwiowych

Na dachach o konstrukcji bezpłatwiowej można ułożyć pokrycie lekkie z blachy trapezowej, paneli stalowych, płyt warstwowych (z rdzeniem styropianowym, wełnianym, poliuretanowym) lub ciężkie wykonane z betonowych płyt. Pełni ono rolę podłoża konstrukcyjnego, na którym umieszcza się ocieplenie i warstwę hydroizolacyjną, stanowiącą materiał pokryciowy.

Blacha trapezowa – jej arkusze opiera się na dźwigarach. Musi mieć właściwą nośność, aby zdołała przenieść szereg obciążeń od warstw izolacyjnych, śniegu, wiatru, elementów i urządzeń zainstalowanych na dachu, a także sił wynikających z obecności montażystów, instalatorów lub serwisantów. Dlatego zaleca się stosowanie blachy o grubości 0,8–1,0 mm. Montuje się ją dłuższymi bokami arkuszy prostopadle do dźwigarów rozmieszczonych zazwyczaj co 3–4,5 m (dopuszczalna rozpiętość do 11 m – w zależności od zastosowanej blachy). Przytwierdza się do konstrukcji wstrzeliwanymi gwoździami, samogwintującymi lub samonawierającymi łącznikami, wyposażonymi w podkładki uszczelniające. Blachę z blachą łączy się na zakład ww. łącznikami. Między jednym, a drugim arkuszem, w miejscu rygli, należy zamontować neoprenową uszczelkę.

Płyty betonowe – to prefabrykowane płyty z betonu zbrojonego. Ich szerokość wynosi 59 cm. Stosuje się je przy rozstawie dźwigarów wynoszącym około 6 m. Dostępne są o przekroju korytkowym lub panwiowym. Mają w narożach stalowe kątowniki, umożliwiające przyspawanie do dźwigarów. Obecnie są stosowane rzadziej niż blacha, ponieważ są cięższe i trudniejsze w montażu (wymagają dźwigu). Zapewniają natomiast sztywniejsze podłożę pod warstwy izolacyjne i gwarantują wyższy poziom izolacyjności akustycznej.

Panele stalowe – stanowią zewnętrzną obudowę dachu i jednocześnie jego pokrycie. Mają przekrój ceowy. Zagięcia boczne tworzą dwa żebra nośne. Na bokach znajdują się otwory do wzajemnego łączenia paneli. Długość panelu dochodzi do 6 m i 360 lub 500 mm szerokości. Panele wytwarza się z blachy grubości 2–2,5 mm. Są lekkie i szybkie w montażu. Końce stopek łączy się z dźwigarami dachowymi za pomocą kołków samogwintujących lub wstrzeliwanych gwoździ. Mogą być stosowane do dachów

o nachyleniu do 10%. Na panelach, podobnie jak w przypadku blachy trapezowej, można ułożyć ocieplenie i hydroizolację. Zaś od wewnątrz hali dodatkową warstwę termoizolacji z wełny mineralnej, która będzie utrzymywana na miejscu przez stopki boczne. Zarówno blacha, jak i płyty betonowe powinny być zamontowane z zachowaniem minimum 20% spadku w stronę urządzeń odbierających wodę deszczową. Spadek taki można ewentualnie uformować w warstwie termoizolacyjnej dachu.

III Izolacje na pokryciu dachowym

Pokrycie dachowe należy zabezpieczyć warstwą termoizolacyjną i hydroizolacyjną.

Termoizolacja – zapewnia ochronę przed utratą ciepła z ogrzewanych pomieszczeń. Może także utrzymywać ujemną temperaturę wewnątrz, gdy w budynku znajduje się chłodnia lub mroźnia. W przypadku pokrycia z blachy trapezowej, ocieplenie ma również za zadanie chronić przed nadmiernym nagrzewaniem się od słońca, a także podnieść izolacyjność akustyczną. Zapobiega ponadto wykraplaniu się pary wodnej od spodu blachy, dzięki czemu zwiększa jej trwałość. W jego warstwie można uformować spadek lub spadki w kierunku elementów odbierających wodę deszczową (rynny, wpusty dachowe). Niezwykle ważne jest, żeby materiał termoizolacyjny miał odpowiednią wytrzymałość na ściskanie, zginanie i rozciąganie. Musi też charakteryzować się wysoką odpornością termiczną – zarówno długo-, jak i krótkotrwałą.

Przed ułożeniem termoizolacji należy wykonać warstwę paraizolacyjną na powierzchni blachy, np. z folii polietylenowej o grubości 0,2 mm. Układa się ją pasami z zachowaniem zakładów, które trzeba skleić taśmą dwustronnie przylepną. Płyty termoizolacyjne rozmieszcza się „na mijankę”. Przesunięcie spoin między nimi powinno wynosić mniej więcej połowę ich długości. Przy czym krawędzie płyt, biegnące wzdłuż przetłoczeń blachy, muszą spoczywać na ich górnych powierzchniach. Płyty termoizolacyjne mocuje się do blachy kółkami teleskopowymi zaopatrzonymi w tarcze dociskające, po ułożeniu hydroizolacji lub jej pierwszej warstwy (jeśli układ jest dwuwarstwowy). Łączniki przytwierdza się w górnych półkach blachy. Im większa odległość w świetle pomiędzy górnymi półkami blachy trapezowej, tym grubszą musi być warstwa ocieplenia. Do płyt żelbetowych wełnę można przytwierdzać mechanicznie lub na klej.

Hydroizolacja – ma zabezpieczyć cały budynek przed wodą opadową. Zazwyczaj układa się ją z dwóch warstw papy, przy czym dolna to często podkładowa papa wentylacyjna. Górną warstwę tworzy termozgrzewalna papa wierzchniego krycia z posypką. Podkładową mocuje się łącznikami, które przechodzą przez ocieplenie aż do podłoża. Na dużych dachach łączniki wkręca się za pomocą tzw. kombajnu. Droższym, ale bardzo skutecznym rozwiązaniem jest wykonanie hydroizolacji z mocnej folii PVC lub membrany EPDM. Są to powłoki, które zamawia się na konkretny wymiar, aby na dachu było jak najmniej łączeń, stanowiących potencjalne miejsce przecieku. Taką izolację układa się jednowarstwowo. Powinna mieć grubość nie mniejszą niż 1,2 mm. Folie PVC mocuje się do podłoża poprzez ocieplenie, za pomocą teleskopowych łączników. Połączenia spawa się dodatkowo specjalnym automatem lub skleja na zim-

no. Membranę EPDM przytwierdza się mechanicznie i zgrzewa ciepłym powietrzem. Oprócz wymienionych materiałów, do izolacji dachów płaskich wykorzystywane są powłoki asfaltowo-polimerowe ECB, termoplastyczne EVA, FPO, a także folie z polietylenu PE-C.

Z hydroizolacji można zrezygnować, gdy projekt przewiduje na ociepleniu pokrycie z blachy. Może to być także blacha trapezowa ocynkowana, pokryta powłoką dekoracyjno-ochronną. Układa się ją na profilach montażowych opieranych na warstwie ocieplenia. Szczelność między poszczególnymi arkuszami zapewniają rowki kapilarne na ich krawędziach. Dzięki nim woda nie przesiąka przez pokrycie. Blachę łączy się z konstrukcją dachu specjalnymi łącznikami, umieszczanymi w górnych półkach profilu trapezowego. Umożliwiają one swobodną pracę blach (powodowaną różnicami temperatury), dzięki czemu pokrycie nie jest narażone na rozszczelnianie. Taki sposób krycia dachów możliwy jest przy kącie nachylenia połaci nie mniejszym niż 3,6°.

III Materiały do ocieplania dachów

Wełna mineralna – w tym zastosowaniu jest zdecydowanie najpopularniejsza. Zapewnia wysoki poziom izolacyjności termicznej i akustycznej. Jest jednym z materiałów najlepiej zabezpieczających konstrukcję przed działaniem ognia i wysokiej temperatury – ma najwyższą klasę palności A1, przyznawaną materiałom niepalnym. Jej współczynnik przewodzenia ciepła wynosi 0,039–0,041 W/(m²K). Bardzo popularne jest stosowanie dwóch rodzajów wełny, o różnych gęstościach. Na spodzie układa się wełnę mniej gęstą, za to lepiej izolującą termicznie, a na wierzchu płyty twardsze, stanowiące stabilne podłoże pod hydroizolację. Łączna grubość takiego ocieplenia sięga zazwyczaj 170–200 mm. Producenci wełny oferują także wkładki trapezowe do wypełniania odstępów między przetłoczeniami blachy. Poprawiają one izolacyjność cieplną oraz akustyczną, a także zapewniają lepsze podparcie zasadniczej warstwie termoizolacyjnej. Oprócz wkładek proponują również kliny o trójkątnym przekroju, pozwalające na wykonanie łagodnego przejścia między izolacją dachu a ścianą attykową. Takie rozwiązanie ułatwia prawidłowe wyprowadzenie hydroizolacji od attyki. Na wełnie można układać hydroizolację z papy termozgrzewalnej, ponieważ, w przeciwieństwie do innych materiałów termoizolacyjnych stosowanych na dachach, jest niewrażliwa na płomień palnika.

Poliuretan PIR – płyty z tego materiału są lekkie i dobrze izolują termicznie. Ich współczynnik przewodzenia ciepła wynosi zaledwie 0,023–0,030 W/(m²K). Dzięki temu grubość warstwy termoizolacyjnej może być mniejsza niż w przypadku wełny. PIR zapewnia też dużą sztywność, przez co łatwo zamontować na nim powłoki hydroizolacyjne. Ma małą nasiąkliwość i znikomą paroprzepuszczalność, a zatem stosując go, nie trzeba układać paraizolacji na blasze. Izolacja poliuretanowa wytrzymuje długotrwałą temperaturę od –50 do +120°C, a krótkotrwałą nawet do 250°C. Płyty PIR mocuje się lepikiem, który należy nanosić na górne powierzchnie przetłoczeń blachy.

Aby zapewnić dobre właściwości ogniochronne, swobodne krawędzie izolacji z poliuretanu powinny być otoczone pa-

sem z wełny mineralnej o tej samej grubości i szerokości (min. 50 cm). W miejscach, gdzie PIR styka się ze ścianami, nie jest to konieczne.

Polistyren – najlepiej sprawdza się ekstrudowany XPS. Jego płyty są twarde i mają wysoką odporność na zawilgocenie.

Można też stosować polistyren ekspandowany EPS (zwykły styropian), ale najwyższej gęstości – EPS 200. Polistyren ma dobre właściwości termoizolacyjne, jednak w porównaniu z ww. materiałami najgorzej radzi sobie z działaniem ognia.

Płyty warstwowe – płyty warstwowe w okładzinach metalowych to materiał wykorzystywany do obudowy hal i magazynów – zarówno ich ścian osłonowych, jak i dachów. Łatwo się je układa i demontuje. Zapewniają wysoki poziom izolacyjności termicznej i akustycznej dachu, a także stanowią ochronę przeciwpożarową. Stosuje się je przy rozpiętości podpór sięgającej 6 m. Szerokość płyt standardowo wynosi 100–110 cm. Minimalny spadek dachu powinien osiągać 5–7%.

Płyty warstwowe zbudowane są z dwóch okładzin z blachy stalowej, pomiędzy którymi znajduje się rdzeń z poliuretanu, styropianu lub wełny mineralnej. Zadaniem blachy jest przenoszenie naprężeń normalnych, a rdzenia – stycznych oraz utrzymanie stałego dystansu między okładzinami. Na okładziny płyt stosowane są stalowe blachy S220GD, S280GD, S320GD oraz DX51D – zabezpieczone powłokami metalicznymi oraz organicznymi. Od zewnętrznej strony płyty dachowe wykończone są blachą trapezową. Grubość wykorzystywanych płyt warstwowych powinna wynikać z projektu. Dostępne są o grubości rdzenia od 4 do 16 cm. Współczynnik przenikania ciepła przez płyty wynosi od 0,53 do 0,23 W/(m²K). Ich ciężar zależy od zastosowanego materiału termoizolacyjnego. Najlżejsze są te z wypełnieniem styropianowym – od 6 do 13 kg/m², a najcięższe z wełną mineralną – od 30 do 37 kg/m². Dachowe płyty warstwowe mocowane są do płatwi za pomocą łączników samonawiercających. Używa się ich w przypadku konstrukcji stalowych o maksymalnej grubości ścianki 14 mm. Łączniki są wykonane z hartowanej stali węglowej zabezpieczonej przed korozją, a także wyposażone w podkładki uszczelniające z tworzywa EPDM. Każda płyta dachowa mocowana jest do konstrukcji nośnej w szerokości za pomocą dwóch lub trzech łączników. W przypadku konstrukcji stalowych (o grubości przekraczającej 14 mm) oraz betonowych lub drewnianych, istnieje możliwość zastosowania innych łączników. Płyty warstwowe przytwierdza się do betonu przy użyciu elementów rozporowych lub łączników samogwintujących.

Uszczelnienie przejść przez dach

Ogromnie istotne jest odpowiednie uszczelnienie elementów, które przechodzą przez dach, a tych w budynkach przemysłowych może być bardzo dużo. Warto wtedy skorzystać z systemowych elementów uszczelniających – kształtek, kołnierzy itp. Obróbki można wykonać również z materiału, którym izolowano dach, ale jest to trudne i nie ma gwarancji, że zostanie zrobione prawidłowo.

Transport halowy – suwnice

Rodzaj konstrukcji dachu w halach może być uzależniony od tego, czy przewidziano w nich transport wewnętrzny, obciążający stalową więźbę, czyli instalację urządzeń do przesuwania lub przewożenia różnych elementów, trwale powiązanych z konstrukcją hali. Zaliczamy do nich m.in. suwnice i przenośniki podwieszane do konstrukcji dachu. Te ostatnie stanowią dodatkowe obciążenie dla dźwigarów dachowych i wpływają na ich dobór pod względem rodzaju, kształtu oraz przekroju.



Fot. 4. Światliki kalenicowy na dachu z poszyciem z membrany EPDM

Światliki dachowe

W budynkach halowych światliki stanowią często osobny element konstrukcyjny. Stosuje się światliki kalenicowe – ustawione w osi kalenicy, lub gąsienicowe – ulokowane prostopadle do niej. Mają różne kształty – trójkątne, latarniowe (trapezowe i prostokątne) oraz motylkowe (kocie uszy). Ich konstrukcję (zazwyczaj stalową) łączy się z dźwigarami za pomocą śrub (przy kalenicowych) lub wkrętów samonawiercających z płatwiami dachowymi (w przypadku gąsienicowych). Obecnie popularnością cieszą się światliki gotowe, np. kopułowe – produkowane z tworzywa sztucznego. Ich przezroczysta część wykonana jest z akrylu lub poliwęglanu. Stosuje się je na dachach krytych materiałem hydroizolacyjnym (np. papą). Łatwo wtedy zapewnić szczelne połączenie pokrycia ze ściankami bocznymi światlika.

Do dachów z płyt warstwowych przeznaczone są specjalne modele światlików, produkowane z poliwęglanu. Są one tak skonstruowane, żeby mieściły się między rzędami płyt i szczelnie z nimi łączyły (na bokach umieszczone są specjalne uszczelki).