

Obciążenia dachu wiatrem – kontrłata

W ostatnich kilkunastu latach w Polsce klimat uległ wyraźnym zmianom. Jest to skutek zmian dotyczących całej planety. Oprócz dużej zmienności i gwałtowności zjawisk atmosferycznych, coraz częściej zdarzają się wichury, nawałnice i huragany. Każdego roku w jednym lub kilku regionach kraju przechodzą burze połączone z trąbami powietrznymi, powodującymi zrywanie dachów. Wiele rodzin zostaje dosłownie bez dachu nad głową.

Na załączonych zdjęciach (fot. 1, 2 i 3) widać skutki działania takich ekstremalnych wiatrów. Warto zauważyć, że nie wszystkie dachy są tak łatwo uszkodzane. Okazuje się, że najstarsze z nich pokryte starymi, ręcznie robionymi dachówkami cementowymi lub fabrycznymi ceramicznymi (fot. 1), zachowały swoje drewniane (nienowe) konstrukcje. Dachówki zostały zerwane i porzucane wokół budynków. Niektóre z nich przeżyły to bez uszczerbku i mogły powrócić na łaty.



Fot. 1. Stary dach pokryty dachówką karpiówką (jedną z cięższych pokryć) został uszkodzony przez silny wiatr wiejący skośnie od strony szczytu z attyka. Dachówki poderwały siły ssące, które są najsilniejsze tuż za przeszkodami (attyka i kalenica).

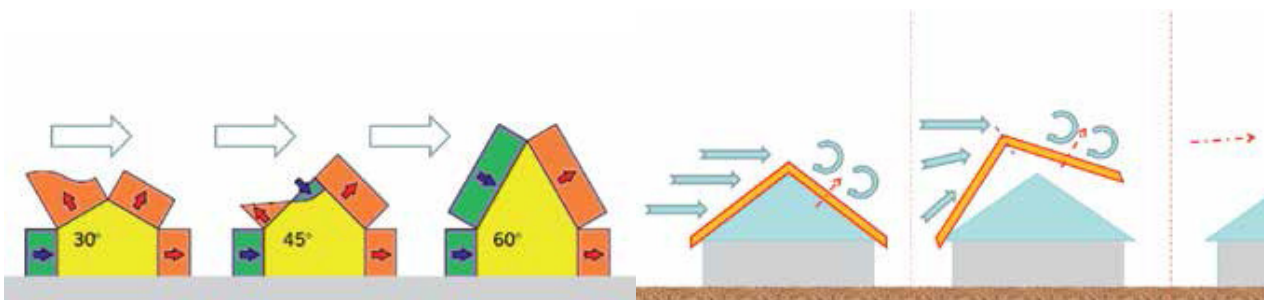


Fot. 2. Blachodachówka została poderwana na krawędzi szczytowej dachu. Dalsze uszkodzenia powstały z powodu zerwania połączenia między łatami i kontrłatami lub kontrłatami i więźbą. Dowodzi to zastosowania zbyt słabych gwoździ. Farmery natomiast utrzymały łaty.



Fot. 3. Te fragmenty dachu zostały przeniesione na odległość 250 m. Zdjęcie zostało zrobione z krawędzi budynku, z którego „sfrunął” ten dach. Tutaj też widać łaty i kontrłaty przeniesione na „skrzydło” blach. Ten efekt zgadza się z działaniem pokazanym na schemacie z rys. 2.

Natomiast nowe dachy, które w tych miejscowościach były pokryte wyłącznie blachodachówkami zostały zerwane (fot. 2 i 3). Warto zastanowić się, dlaczego tak się dzieje. Otóż specyfika działania gwałtownych wiatrów polega na powstawaniu wirów powietrza o bardzo dużej energii chwilowej i dużej prędkości. Takie wiatry powodują przy przekraczaniu jakichkolwiek krawędzi i barier bardzo duże siły ssące (rys. 1 i 2). Te same siły ssące, powstające pod wpływem ruchu powietrza podnoszą najcięższe samoloty. Jeżeli tak silny wiatr spotka na swojej drodze dach z ciężkim pokryciem, to duża część jego energii zostanie zużyta na jego podniesienie. Jeżeli dodatkowo pokrycie to składa się z wielu łatwo podwiewanych (dla wiatru) elementów, to pozbywa się on energii wyładowując ją na każdym z nich. Tak właśnie dzieje się z dachówkami.



Rys. 1. Rysunki pokazują jaki rodzaj sił pochodzących od wiatru działa na dach w zależności od kąta jego nachylenia oraz ich wzajemne proporcje. Na połaciach zawietrznych dachów dwuspadowych zawsze występują tylko siły ssące (rysunek autora, na podstawie rysunków z „Atlas Dachów” [1]).

Rys. 2. Zrywanie dachów w większości odbywa się w pokazany sposób dzięki działaniu sił ssących powstających za wszelkiego rodzaju krawędziami (np. kalenicą), zakłócającymi przepływ silnych wiatrów. Tak samo zadziałał wiatr na zerwane dachy pokazane na fot. 1 i 3 (rysunek autora).

Mechanizm podnoszenia dachówek polega na tym, że siły pochodzące od wiatru (zmiany jego ciśnienia) przenoszą się pod pokrycie, jeżeli jest ono otwarte – przepuszczalne dla wiatru w wielu miejscach. Powietrze wywiera parcie lub ssanie na poszczególne elementy (dachówki) pokrycia. Przy gwałtownych zmianach kierunku działania wiatru elementy te (dachówki) są podrywane. Czym są cięższe, tym więcej

energii wiatru jest tracone.

Zupełnie inaczej ten sam wiatr działa na pokrycia tworzące jednorodne powierzchnie. Tak właśnie jest z blachami profilowanymi: trapezowymi, blachodachówkami i blachami płaskimi (panelami zatraskowymi itp.) układanymi na dachach pochyłych. Pokrycia te są mocowane do podłoża, którym jest ruszt, składający się z łąt i kontrłąt. Taki ruszt tworzy razem z blachą sztywną powłokę pokrycia, jeżeli ruszt jest odpowiednio odporny na rozerwanie.

Analogie między dachami i samolotami (oraz żaglami)

Unoszenie się samolotów w powietrzu wynika z odpowiedniego doboru kształtu skrzydeł (profilu). Górna jego powierzchnia jest dłuższa i powietrze pokonuje dłuższą drogę ponad skrzydłem niż pod nim. Powietrze rozdziela się na krawędzi natarcia skrzydła (z przodu) i łączy się ponownie na krawędzi spływu (z tyłu skrzydła). W związku z tym, prędkość przepływu powietrza na części górnej skrzydła jest większa niż na dolnej, a to powoduje powstanie siły ssącej nad skrzydłem i parcia (do góry) pod nim. Samoloty transportowe o masie całkowitej około 20 ton i powierzchni skrzydeł (powierzchni nośnej) od 70 do 80 m² potrzebują rozpędzić się do prędkości ok. 110–130 km/h, aby się wznieść. Prędkość ta odpowiada kategoriom V klasy wiatru. To doskonale obrazuje wielkość sił ssących, jakie zrywają dachy. Podobnie jest z żaglami: są ciągnięte przez siły ssące występujące za żaglem (od strony zawietrznej), a nie pchane przez wiatr (parcie).

Tabl. Klasyfikacja maksymalnych prędkości wiatru w Polsce i skutki ich działania wg Haliny Lorenc

Nr klasy	Prędkość wiatru na wysokości 10 m		Nazwa wiatru
	m/s	km/h	
I	17–20	61–72	wiatr gwałtowny
II	21–24	73–86	wichura
III	25–28	87–101	wiatr huraganowy
IV	29–32	102–116	gwałtowny wiatr huraganowy
V	≥ 33	≥ 117	huragan lub trąba powietrzna
V-1	33–50	117–180	huragan, trąba I stopnia
V-2	51–69	181–249	huragan bardzo silny, trąba II stopnia
V-3	≥ 70	≥ 250	huragan dewastujący, trąba III stopnia
Dachy uszkadza każdy huragan (od 100 km/h)			

Tabl. Skala Beauforta oceny prędkości wiatru

Siła wiatru	Prędkość wiatru na wysokości 10 m		Nazwa wiatru
	m/s	km/h	
0	0,0–0,3	0–1	cisza
1	0,3–1,5	1–5	powiew
2	1,6–3,3	6–11	słaby wiatr
3	3,4–5,4	12–19	łagodny wiatr
4	5,5–7,9	20–28	umiarkowany wiatr
5	8,0–10,7	29–38	dość silny wiatr
6	10,8–13,8	39–49	silny wiatr
7	13,9–17,1	50–61	bardzo silny wiatr
8	17,2–20,7	62–74	wicher
9	20,8–24,4	75–88	wiatr sztormowy
10	24,5–28,4	89–102	sztorm
11	28,5–32,6	103–117	silny sztorm
12	> 32,6	> 117	huragan

Blachy są unoszone przez siły ssące, które działają tak samo jak na samoloty – podrywają je. Gdy pokrycia te nie są zbyt dobrze zamocowane do podłoża, są zrywane i przenoszone na zasadzie pokazanej na rys. 2.

Wielkość tych sił zależy od powierzchni pokrycia i prędkości wiatru. Oglądane w zniszczonych miejscowościach dachy mają zerwane fragmenty pokryć blaszanych w tych miejscach, gdzie ze względu na kształt dachu i kierunek wiatru wystąpiły największe siły ssące. Po zerwaniu takiego fragmentu reszta pokrycia jest też podnoszona, ponieważ pokrycie stanowi płytę, która jest niesiona przez wiatr, póki się nie rozerwie. Gdy taka płyta jest mocna, wiatr przenosi ją w całości tym dalej, czym jest silniejszy.



Fot. 4. Zdjęcie zostało wykonane w sierpniu 2018 roku. Tak mocuje się ruszt pod pokrycia dachów pochyłych (tu położono blachodachówkę) od ponad dwudziestu lat, ponieważ większość dekarzy uczy się od siebie na budowach (nic nigdy nie czytając).

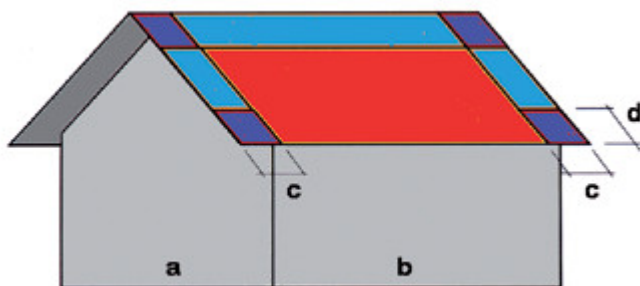
Oglądając każdego roku obrazy zerwanych dachów łatwo można zauważyć wciąż powtarzające się przypadki zrywania blach razem z łątami i kontrłatami (fot. 2 i 3). Takie skutki spowodowane są wadliwym doбором i mocowaniem kontrłat do więźby dachowej i łąt do kontrłat. Powszechnym błędem jest montowanie na dachach pochyłych kontrłat o wymiarach 50x25 mm (fot. 4). Są one szczególnie często stosowane pod pokryciami z blach profilowanych z kilku powodów. Jednym z nich jest postawa producentów tych pokryć. W wielu zaleceniach pokazywane są wyłącznie cienkie listewki przybijane zbyt cienkimi gwoździkami do więźby. Ten błąd, bez zastanowienia, powtarzają dekarze na dachach, co nie powinno nikogo dziwić, ponieważ formalnie nie wymaga się od nich posiadania jakiegokolwiek wiedzy teoretycznej. Dekarzem zostaje się w momencie zgłoszenia działalności gospodarczej polegającej na prowadzeniu usług dekarских, bez żadnych wymagań. Tak cienkie listewki, montowane szybko i niestarannie (fot. 4) nie mogą stanowić pośrednich elementów montażowych odpornych na zrywanie w czasie wichur lub huraganów.

Potwierdzają ten zarzut różnego rodzaju zdjęcia zerwanych pokryć i dachów pokazywane w mediach. Blachodachówki i inne blachy pokryciowe są zrywane razem z łątami, do których są mocowane wkrętami nazywanymi farmerami (wkręt samowiercący z uszczelką). Farmerzy stanowią dobre połączenia z łątami, ale są one mocowane słabo do zbyt cienkich kontrłat. Co więcej, już w wielu firmach dekarских stosuje się pistolety pneumatyczne wstrzeliwujące gwoździe z dużą siłą, co zwiększa szanse powstawania pęknięć w listewkach niewidocznych w trakcie prac, a ujawniających się po pewnym czasie. Efekty są fatalne i co gorsza nie widać instytucji, która by tym powtarzającym się wadom zapobiegła. Mimo zmiany norm na bardziej wymagające [N1, N2] od starszych (np. PN-77/B-02011), wadliwe mocowanie kontrłat nie jest zauważane przez nadzór budowlany. Niestety, niewielu dekarzy zna stare normy, które choć w zbyt prosty sposób, ale zalecały mocowanie adekwatnie do najczęściej występujących obciążeń (rys. 3). Gdyby je znali nie dochodziłoby do tak wielu zerwań dachów.

Wiatr wywołuje na dachach trzy rodzaje sił: parcie (nacisk), ssanie (podciśnienie) i tarcie.

Tarcie może odgrywać rolę w opisywanych zjawiskach, jeżeli powierzchnia pokrycia dachu stawia opór przepływowi powietrza, czyli gdy jest porowata albo pofalowana. Jednak w obliczeniach siły tarcia są brane pod uwagę (są zauważalne) tylko w dachach o dużych wymiarach, szczególnie takich, których kształt wydłuża drogę przepływu powietrza, czyli w dachach długich. Badanie oddziaływań wiatru jest trudne, gdyż im bliżej ziemi, tym więcej jest zakłóceń wywołanych ukształtowaniem terenu i jego zagospodarowaniem: zabudowaniami, lasami itp. Przepływy powietrza laminarne (warstwowo jednorodne) odbywają się jedynie

na dużych wysokościach. Przy ziemi te przepływy są zakłócone i z tego powodu mają charakter turbulentny. Turbulencje są powodem powstawania podmuchów i zmian kierunków wiatrów, co przy ich dużej prędkości prowadzi do chwilowych kumulacji sił zrywających dachy i wyrwijających drzewa. Badania oddziaływań wiatrowych na budynki prowadzi się w tunelach aerodynamicznych przy pomocy umieszczonych tam modeli lub wiernych kopii (w dużych tunelach samolotowych). Ich efektem są wykresy (rys. 1) i tabele umożliwiające klasyfikację tych ważnych dla budownictwa zjawisk. Na ich podstawie powstają normy i zalecenia wykonawcze (rys. 3).



Rys. 3. W strefach brzegowych i narożnych występują największe siły zrywające pokrycia we wszystkich dachach. Wielkość tych stref określa się po to, aby wyznaczyć ilość mocowań pokrycia. Wielkość stref określa wielkość budynku (rysunek wykonany według starych zasad).

Warto jeszcze dodać, że dodatkowym zagrożeniem jest wzrost popularności dachów o niskim kącie nachylenia (od 20° do 30°). Gdy o sposobie mocowania pokryć na takich dachach będą decydowali przeciętni dekarze, to wzrośnie liczba zrywanych dachów, ponieważ nie wiedzą oni o tym, że znaczący wpływ na wielkość obciążeń spowodowanych działaniem wiatru ma kąt nachylenia połaci dachowej. Czym jest on mniejszy tym, siły ssące wiatru są większe. Przekonało się o tym wielu właścicieli dachów płaskich. Na dachach pochyłych nisko nachylonych (od 5° do 30°) występują najsilniejsze obciążenia wiatrowe (rys. 1). Z tego powodu, w tym zakresie nachylenia, waga pokrycia ma największe znaczenie - im pokrycie jest cięższe, tym bezpieczniejsze, a lekkie pokrycia wadliwie zamocowane (lub użyta jest zbyt cienka kontrłata) mogą być łatwo zrywane.



Fot. 5. Wadliwie wykonany okap dachu pokrytego dachówką. Nie ma wlotu do szczeliny utworzonej przez kontrłatę. Nie ma spływu skroplin. Tak samo wykonuje się ruszt pod blachy profilowane z tą różnicą, że pod blachami są cieńsze kontrłaty.



Fot. 6. Ten dach ma uszkodzenia bardzo charakterystyczne dla oddziaływań silnych wiatrów wiejących w kierunku równoległym do kalenicy. Przy takim ustawieniu budynku największe siły ssące występują nad ścianą szczytową - od strony nawietrznej.



Fot. 7. Dachy nad wiatami, stodołami i magazynami z otwartymi wrotami nazywane są dachami otwartymi. Wiatr działa na nie odwrotnie i wywiera ciśnienie od środka wpadając przez wrota lub konstrukcję bez litych ścian.

Fot. 8. W dachach otwartych zmienne ciśnienie powietrza wewnętrznego w czasie wichury powoduje obluźnianie mocowań i ich wyłamanie. Na tym dachu silny wiatr wyrwał fragmenty falistych płyt azbestowych w miejscach ich mocowania.

Większość wad budowlanych ujawnia się na skutek nałożenia się kilku błędów. Tak jest również w wielu zrywanych dachach. Źle zainstalowane kontrłaty pod pokryciami blaszanymi są szybko degradowane biologicznie najczęściej w miejscu mocowania, ponieważ niewyszkoleni dekarze nie znają zalet wentylowania dachów i ich pokryć. Wadliwie wykonują okapy (fot. 5) zabudowując je pasem dorynnowym i tym samym zatykając przestrzeń powietrzną utworzoną przez kontrłatę. Dodatkowo często zasłaniają wylot z tej przestrzeni pod gąsiorami na kalenicach i narożach. W ten sposób przestrzeń między kontrłatami przenosi stale wilgoć z dołu do góry. W nocy powstają pod blachą skropliny, które ściekają stale w tych samych miejscach i gromadzą się w listewkach, co już po kilku latach może spowodować ich gnicie. Przegniłe łąty i kontrłaty są łatwe do zerwania.

mgr inż. Krzysztof Patoka

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych

Normy

- N1. PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- N2. PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.

Literatura

- 1. Schunck E., Oster H.J., Bartel R., Kiessl K., Atlas dachów. Dachy spadziste, MDM Sp. z o.o., 2005.