

Usterki dachu płaskiego z pokryciem membraną dachową

Dr hab. inż. Maciej Niedostatkiwicz, dr inż. Krzysztof Arendt, Politechnika Gdańska

1. Wprowadzenie

Błędy projektowe oraz wykonawcze wpływają bezpośrednio na bezpieczeństwo konstrukcji i bezpieczeństwo użytkowania budynków mieszkalnych [1–2]. Usunięcie usterek elementów konstrukcyjnych, jak również wykończeniowych będących następstwem błędów i niedociągnięć projektowych i wykonawczych związane jest z koniecznością ponoszenia przez właścicieli znacznych nakładów finansowych w celu doprowadzenia obiektów do właściwego stanu technicznego [3]. Usunięcie usterek stropodachów, w tym dachów płaskich, powoduje powstawanie istotnych utrudnień, a rozciągnięte w czasie jest bardzo często przyczyną powstawania istotnych uciążliwości eksploatacyjnych [4–6]. Celem artykułu jest przedstawienie błędów popełnionych podczas realizacji dachu płaskiego z pokryciem membraną dachową. W artykule zaproponowano sposób usunięcia występujących usterek.

2. Dane ogólne

Budynek zrealizowany został jako czterokondygnacyjny, całkowicie podpiwniczony, w technologii tradycyjnej udoskonalonej. Mury zewnętrzne zaprojektowane zostały z bloków wapienno-piaskowych o grubości 25 cm, stropy międzykondygnacyjne jako masywne, żelbetowe o grubości 20 cm. Ocieplenie murów zewnętrznych w poziomie kondygnacji nadziemnych zaprojektowane zostało z zastosowaniem technologii BSO (Bezspoinowy System Ocieplania) z materiału termoizolacyjnego – polistyren ekspandowany (styropian) FS-20 o grubości 20 cm.

Realizację budynku zakończono w lipcu 2012 r. We wrześniu 2012 r. zgłoszone zostały pierwsze przecieki do lokali mieszkalnych w poziomie III piętra. Po usunięciu przez wykonawcę ewidentnych miejsc przecieków (lokalne uszkodzenia membrany dachowej) intensyfikacja zgłoszeń zmniejszyła się – przecieki występowały po długotrwałych opadach atmosferycznych związanych ze zmianami warunków atmosferycznych polegających na obniżeniu temperatury powietrza atmosferycznego. W latach 2013 oraz 2014 intensyfikacja pojawiania się przecieków z połaci dachowej ulegała dalszemu zmniejszeniu. Wiosną 2015 r. przecieki miały charakter

sporadyczny i przyjmowały postać lokalnego zawilgocenia widocznego na sufitach, bez występowania wykroplenia kondensatu na powierzchni sufitów.

3. Opis usterek dachu płaskiego

Zasypkę połaci dachowej stanowiła warstwa kruszywa otoczkowego o grubości ~10 cm (rys. 1).

Na spodniej stronie membrany dachowej o grubości 1,5 mm widoczne były lokalne ślady wilgoci (wykroplenia) które odparowywały w chwili bezpośrednio po wykonaniu odkrywki (rys. 2a, b). Ślady zawilgocenia widoczne były również na powierzchni fizeliny ułożonej pod membraną dachową (rys. 2c).

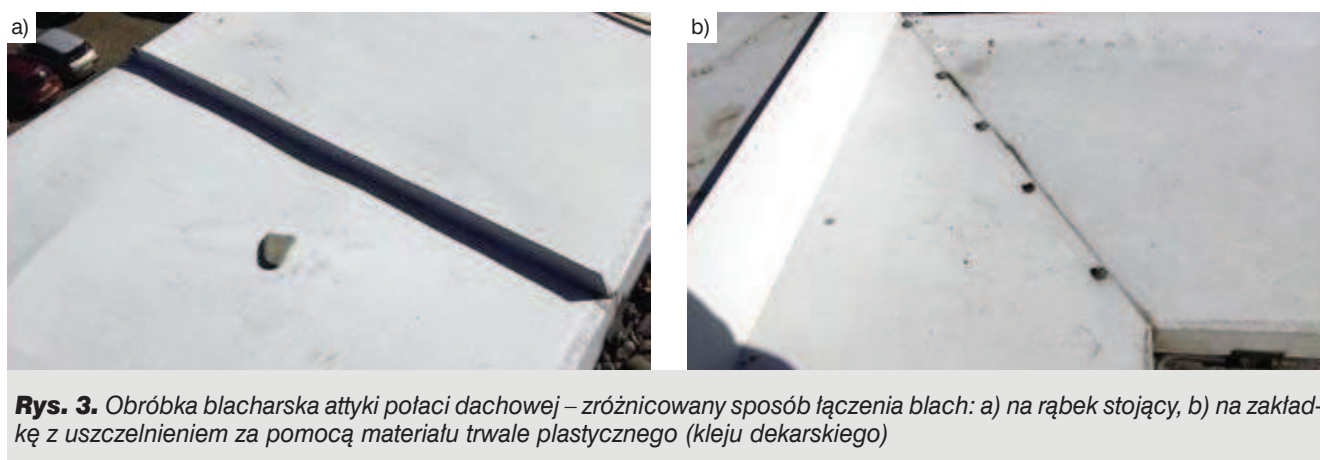
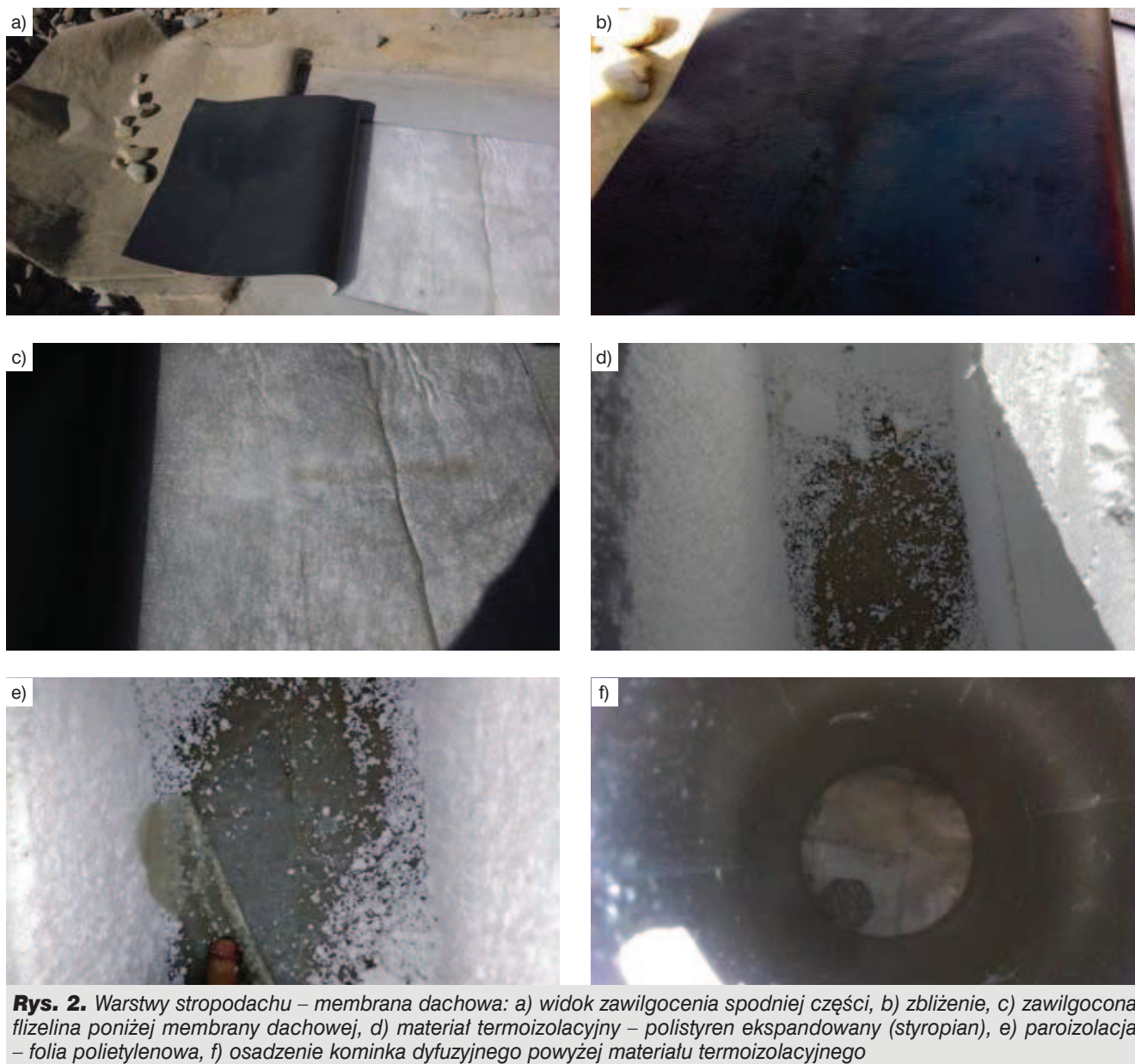
Ocieplenie stropodachu wykonane zostało z zastosowaniem polistyrenu ekspandowanego (styropianu) o strukturze zwartej (rys. 2d). W wykonanej odkrywce grubość materiału termoizolacyjnego wynosiła 36 cm (od góry: warstwa o grubości 20 cm + warstwa o grubości 16 cm). Na całej powierzchni połaci dachowej grubość materiału termoizolacyjnego wynosiła od 22 do 48 cm.

Na spodzie folii polietylenowej ułożonej poniżej materiału termoizolacyjnego brak było widocznych śladów wilgoci. Również górna powierzchnia stropu nad III piętrzem nie wykazywała śladów zawilgocenia (rys. 2e).

W obszarze połaci dachowej kominki dyfuzyjne posadowione zostały bezpośrednio na wierzchu warstwy materiału termoizolacyjnego (rys. 2f). W osi kominków dyfuzyjnych nie wykonano odwiertów (otworów) w materiale termoizolacyjnym. Opierzenia blacharskie atyk zewnętrznych wykonane zostały z zastosowaniem



Rys. 1. Widok połaci dachowej



połączenia poszczególnych arkuszy blach za pomocą rąbka stojącego (rys. 3a). Jednak wzdłuż części ogniomurów wewnętrznych połączenia arkuszy

blach wykonane zostały na zakładkę z zastosowaniem uszczelniania materiałem trwale plastycznym (rys. 3b).

4. Analiza stanu technicznego dachu płaskiego

Dokumentacja projektowa przewidywała wykonanie warstw dachu w następującej kolejności (od góry – opis warstw zgodnie z opisem z dokumentacji projektowej):

- żwir płukany 16/32 – 8 cm: zastosowany opis materiału był opisem nieprecyzyjnym – poprawnym opisem jest kruszywo otczakowe 16/32 mm. Przyjęta w dokumentacji projektowej grubość 8 cm była >>5 cm określanej w literaturze technicznej jako minimalna grubość warstwy dociskowej z kruszywa otczakowego. Jednak samo zastosowanie kruszywa otczakowego jako warstwy dociskowej było w przyjętym układzie warstw dyskusyjne – materiał termoizolacyjny był zgodnie z rozwiązaniami projektowymi, mocowany do konstrukcji stropodachu i nie zachodziła konieczność jego balastowania,
- przekładka: nie określono w sposób precyzyjny parametrów materiałowych geowłókniny, z której należało wykonać warstwę zabezpieczającą pokrycie dachowe,
- hydroizolacja – 2× papa termozgrzewalna: na rysunkach budowlanych nie sprecyzowano parametrów materiałowych przewidzianej do wbudowania papy termozgrzewalnej,
- papa podkładowa modyfikowana SBS: zastosowana na rysunkach budowlanych w dokumentacji projektowej forma opisu była nieczytelna – nie wiadomo, czy należało zastosować warstwę papy podkładowej oraz dodatkowo 2 warstwy papy wierzchniego krycia, czy przewidziano zastosowanie jedynie papy podkładowej oraz pojedynczej warstwy papy wierzchniego krycia. Ponadto na rysunkach budowlanych brak było opisu sposobu mocowania (łączenia) papy podkładowej z materiałem termoizolacyjnym – nie wiadomo, czy papa podkładowa miała być klejona do górnej powierzchni materiału termoizolacyjnego bezpośrednio na budowie (co jest rozwiązaniem trudnym wykonawczo i generującym możliwość powstania błędów i niedociągnięć), czy należało zastosować tzw. styrodur laminowany (z warstwą papy podkładowej przyklejoną w zakładzie prefabrykacji, co jest rozwiązaniem rzadko stosowanym w wykonawstwie, najczęściej stosuje się styropian laminowany), czy też papa podkładowa miała być mocowana do styroduru jedynie za pomocą łączników mechanicznych (co było by rozwiązaniem wybitnie niewłaściwym),
- izolacja termiczna – polistyren ekstrudowany (XPS) – 9 cm,
- kształtowanie spadków – styropian FS-20 – spadek 2% min. 5 cm (grubość elementu termoizolacyjnego nie mniejsza niż 5 cm),
- izolacja termiczna – polistyren ekstrudowany (XPS) – 9 cm: dokumentacja projektowa nie zawierała na rysunkach budowlanych opisu sposobu mocowania płyt materiału termoizolacyjnego do podłoża, jak

również sposobu łączenia płyt materiału termoizolacyjnego pomiędzy sobą, co należy uznać za istotne niedociągnięcie dokumentacji projektowej. Ponadto wybitnie dyskusyjnym rozwiązaniem jest propozycja zastosowania odkształcalnego polistyrenu ekspandowanego (EPS – styropianu, oznaczonego w dokumentacji projektowej w uproszczeniu jako FS) do kształtowania spadków połaci dachowych jako warstwy umieszczonej pomiędzy warstwami polistyrenu ekstrudowanego (XPS – styroduru). Dodatkowo nie sprecyzowano, w przypadku mechanicznego mocowania materiału termoizolacyjnego zarówno normatywu liczby kołków/m² połaci dachowej, jak również rodzaju kołków oraz nie wskazano konieczności zróżnicowania ich długości ze względu na grubość materiału termoizolacyjnego,

- paraizolacja – folia PE 0,2 mm,
- strop żelbetowy 20 cm,
- tynk gipsowy 1 cm.

W rzeczywistości warstwy dachu zrealizowane zostały następująco (opis od góry – analogia do opisu układu warstw zamieszczonego w dokumentacji projektowej):

- żwir płukany 16/32 mm – 10 cm: podobnie jak w przypadku dokumentacji projektowej stosowanie warstwy dociskowej z kruszywa otczakowego wydaje się być nieuzasadnione,
- geowłóknina: w dokumentacji powykonawczej nie sprecyzowano parametrów materiałowych geowłókniny, geowłóknina górna miała za zadanie zabezpieczyć membranę dachową,
- folia dachowa PCV 1,5 mm,
- geowłóknina: w dokumentacji powykonawczej nie sprecyzowano parametrów materiałowych geowłókniny, geowłóknina dolna była separatorem pomiędzy membranę dachową, a materiałem termoizolacyjnym,
- styropian EPS 100: zastosowanie styropianu zamiast styroduru było rozwiązaniem niedoskonałym, aczkolwiek dopuszczalnym ze względów technicznych (wbudowany materiał termoizolacyjny miał aktualną aprobatę techniczną). W dokumentacji powykonawczej nie opisano zrealizowanego sposobu mocowania płyt materiału termoizolacyjnego do podłoża oraz pomiędzy sobą. Na podstawie wykonanych odkrywek ustalono, że płyty styropianu były kołkowane do podłoża – było to rozwiązaniem zasadniczo poprawnym, w szczególności dlatego, że wykonawca zastosował kołki o zróżnicowanej długości, a warstwa do profilowania spadku (o zmiennej grubości) została wbudowana bezpośrednio nad warstwę paraizolacji. Jednocześnie w przypadku kołkowania materiału termoizolacyjnego do podłoża perforacja paraizolacji wykonanej z materiału arkuszowego w poziomie wierzchu stropu, np. folii PE, jak miało to miejsce w przypadkach dachu objętego opracowaniem, jest

Tabela 1. Warianty technologiczne układu warstw dachu płaskiego (stropodachu)

Stan projektowany (P1)	Stan zrealizowany (P2)	Koncepcja naprawy 1 (P3)	Koncepcja naprawy 2 (P4)
Papa termozgrzewalna 3x	membrana dachowa PVC 1,5 mm	membrana dachowa PVC 1,5 mm	papa termozgrzewalna 3x
Polistyren ekstrudowany XPS 30 cm	polistyren ekspandowany EPS100 30 cm	polistyren ekstrudowany XPS 30 cm	polistyren ekspandowany EPS120 30cm
Folia PE 0,2 mm	folia PE 0,2 mm	folia 0,2 mm	izolacja powłokowa 2,5 mm
Strop żelbetowy 20 cm	strop żelbetowy 20 cm	strop żelbetowy 20 cm	strop żelbetowy 20 cm
Tynk gipsowy 1 cm	tynk gipsowy 1 cm	tynk gipsowy 1 cm	tynk gipsowy 1 cm

Tabela 2. Parametry materiałowe elementów dachu płaskiego (stropodachu)

Materiał (warstwa)	Współczynnik przewodzenia ciepła materiału λ [W/m K]	Opór dyfuzyjny materiału μ [-]	Dyfuzyjnie równoważna grubość warstwy powietrza s_d [m]
Papa termozgrzewalna x3	-	-	200
Folia PE 0,2 mm	-	-	100
Membrana dachowa PVC 1,5 mm	-	-	21
Powłokowa masa asfaltowo-kauczukowa 2,5 mm	0,70	50000	125
XPS 30 cm	0,03	150	45
EPS100 30 cm	0,04	60	18
EPS120 30 cm	0,04	80	24
Beton 20 cm	2,30	130	26
Tynk gipsowy 1 cm	0,40	10	0,10

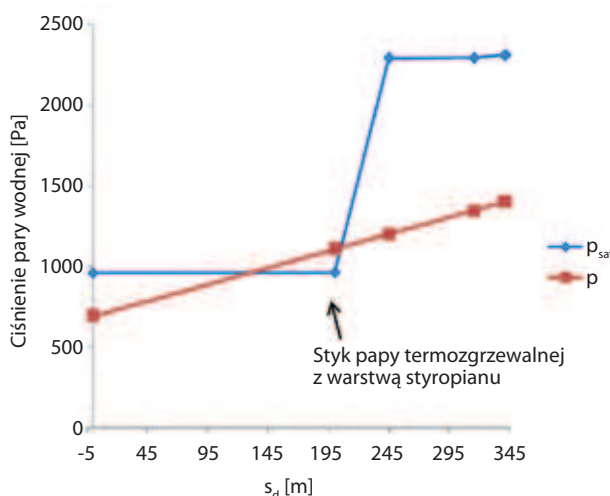
Tabela 3. Przyjęte warunki zewnętrzne (średnie miesięczne)

Miesiąc	Temperatura [°C]	Wilgotność względna [%]
Styczeń	-1,2	86,0
Luty	-0,9	82,9
Marzec	4,4	78,0
Kwiecień	6,3	72,3
Maj	12,2	69,5
Czerwiec	17,1	74,2
Lipiec	19,2	74,5
Sierpień	16,6	75,9
Wrzesień	12,8	81,0
Październik	8,2	84,7
Listopad	2,9	87,2
Grudzień	0,8	89,2

w praktyce nieunikniona i może stanowić potencjalne źródło przecieków – nie można wykluczyć, że sytuacja taka miała miejsce również w analizowanym przypadku. Jednak jednoznaczne stwierdzenie tego faktu było w praktyce niemożliwe, gdyż źródłem przecieków mogły być miejsca braku ciągłości paroizolacji usytuowane w zupełnie innej lokalizacji niż miejsca występujących przecieków,

- paroizolacja PE 0,2 mm,
- strop żelbetowy,
- tynk gipsowy.

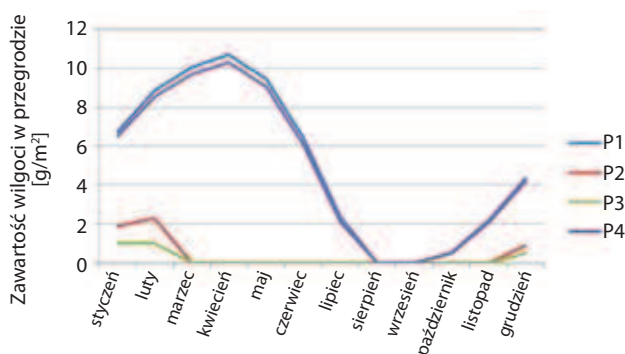
Wpis w dzienniku budowy potwierdza wykonanie próby wodnej – zaślepieno wpusty dachowe oraz zalano



Rys. 4. Wykres ciśnienia cząstkowego pary wodnej p i ciśnienia pary wodnej nasyconej p_{sat} w funkcji dyfuzyjnie równoważnej grubości powietrza s_d [m] reprezentującej lokalizację w przegrodzie – przegroda typu P1 dla stanu w kwietniu

połac dachową. Próbę wodną wykonano gdy na połaci dachowej nie było zasypki z kruszywa. Folia PE była już wtedy sferforowana w wyniku kołkowania styropianu, ale szczelność membrany dachowej uniemożliwiała przedostawanie się wody z połaci dachowej i penetrację wody poprzez materiał termoizolacyjny oraz nieszczelną paroizolację do wnętrza budynku.

W ramach analizy przyczyn usterek ciepłno-wilgotnościowych wykonano obliczenia sprawdzające, w celu



Rys. 5. Zawartość wilgoci w przegrodzie dla 4 wariantów technicznych (P1 – stan projektowany, P2 – stan zrealizowany, P3 – koncepcja naprawy 1, P4 – koncepcja naprawy 2)

oceny poprawności zaprojektowania i wykonania warstw stropodachu. Obliczenia ryzyka kondensacji międzywarstwowej wykonano według metody Glaser'a zgodnie z [7]. Przeanalizowano przegrodę (dach) w czterech wariantach technologicznych (tab. 1): typ P1, P2, P3 oraz typ P4.

Obliczeniowo uwzględniono tylko warstwy istotne z punktu widzenia przepływu pary wodnej. W szczególności pominięto warstwę geowłókniny (fizelina) oraz kruszywo otoczkowe stanowiące wierzchnią warstwę dociskową stropodachu. Parametry materiałowe (tab.2) wykorzystane w obliczeniach przyjęto zgodnie z [7]. W przypadku membrany dachowej, papy termozgrzewalnej i folii PE pominięto wpływ tych warstw na przepływ ciepła, który jest znikomy ze względu na nieznaczną grubość materiału. W typowych budynkach mieszkalnych wilgotność powietrza wewnętrznego jest zmienna i zazwyczaj waha się w zakresie od 40% do 60% [8]. W obliczeniach założono przypadek stosunkowo niekorzystny, ale mieszczący się w zakresie komfortu cieplno-wilgotnościowego – stała temperatura i stała wilgotność względna powietrza wewnętrznego w ciągu roku, wynoszące odpowiednio 20°C i 60%. Warunki zewnętrzne przyjęto na podstawie typowego roku meteorologicznego z bazy klimatycznej Warszawa Okęcie (tab. 3).

Zgodnie z [9] przegroda jest zaprojektowana poprawnie pod względem cieplno-wilgotnościowym, jeżeli wewnątrz przegrody nie dochodzi do kondensacji pary wodnej lub jeżeli do kondensacji dochodzi okresowo i kondensat jest w stanie odparować w ciągu lata. Wykonane obliczenia wykazały, że wszystkie warianty technologiczne (przegroda – typ P1, przegroda – typ P2, przegroda – typ P3 oraz przegroda – typ P4) spełniają powyższy warunek.

We wszystkich przypadkach dochodzi do niewielkiej kondensacji pary wodnej pomiędzy izolacją cieplną (P1-XPS, P2-EPS100, P3-XPS, P4-EPS120) a zewnętrzną hydroizolacją (P1 – papa termozgrzewalna, P2 – membrana dachowa PVC, P3 – membrana dachowa PVC, P4 – papa termozgrzewalna). Kondensacja ta spowodowana jest

faktem, że ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej p_{sat} jest mniejsze od ciśnienia cząstkowego pary wodnej p przenikającej przez przegrodę, co przedstawione jest na rysunku 4 dla przypadku P1 (wynik dla kwietnia). Kompletne wyniki ciśnień cząstkowych pary wodnej w krytycznym przekroju znajdują się w tabeli 5.

W przypadku przegrody typu P1 (XPS+papa termozgrzewalna – stan projektowany) maksymalna ilość kondensatu występuje w kwietniu i wynosi 10,7 g/m² przegrody (rys. 5, tab. 4). Dla założonych parametrów materiałowych kondensat ten jest w stanie odparować do sierpnia, przy czym od października zaczyna się kolejny okres kondensacji. Warto zauważyć, że w tym przypadku dochodziłoby do wzrostu zawilgocenia w przegrodzie w kolejnych latach, gdyby pomiędzy betonem a izolacją cieplną zastosowano paroizolację o nieco gorszej paroszczelności ($s_d < 70$ m) niż założone $s_d = 100$ m. Dlatego też przypadek ten, pomimo spełnienia warunków, należy uznać za możliwy do zastosowania, ale stwarzający ryzyko zawilgocenia.

W przypadkach P2 (EPS100+membrana dachowa PVC – stan zrealizowany) i P3 (XPS+membrana dachowa PVC – koncepcja naprawy 1) okres kondensacji rozpoczyna się w grudniu, a maksymalna ilość kondensatu występuje w lutym i wynosi odpowiednio 2,3 i 1,0 g/m² (rys. 5, tab. 4). W obu przypadkach ta niewielka ilość kondensatu jest w stanie całkowicie odparować już w marcu dzięki znacznie mniejszej paroszczelności membrany PVC w stosunku do papy.

Wynik dla przypadku P4 jest bardzo podobny do P1, z jedyną różnicą, że maksymalna ilość kondensatu wyniosła 10,3 g/m² (kwiecień). Minimalnie mniejsza kondensacja wynika z zastosowania izolacji powłokowej o grubości 2,5 mm na bazie masy asfaltowej oraz zastosowania EPS120 zamiast EPS100 (materiały termoizolacyjne o nieznacznie większym oporze dyfuzyjnym). Okres kondensacji, tak jak w P1, trwa od października do kwietnia (rys. 8, tab. 4).

Uwzględniając uwarunkowania wykonawcze, można sformułować tezę, że rozwiązaniem optymalnym pod względem doboru układu warstw na stropodachu (dachu) jest przypadek P4 (EPS120+papa termozgrzewalna). Głównym argumentem przemawiającym za słusznością powyższego wniosku jest założenie, że prawdopodobieństwo popełnienia błędów wykonawczych skutkujących w okresie docelowej eksploatacji licznymi uciążliwościami jest dla tego rozwiązania mniejsze niż dla przypadku P3 (XPS+membrana dachowa PVC). Wpływ ilości gromadzącego się kondensatu ma tutaj drogorzędne znaczenie gdyż do zawilgocenia dochodzi okresowo, kondensat ulega odparowaniu, a jego ilość jest znacznie mniejsza niż określona przez przepisy normowe jako zagrażająca zawilgoceniu przegrody.

Pomimo generalnie poprawnie zrealizowanego układu warstw nie można było wykluczyć lokalnych błędów wykonawczych w poziomie stropodachu. Istnieje

Tabela 4. Temperatura i zawartość wilgoci na styku zewnętrznej hydroizolacji (papy termozgrzewalnej/membrany dachowej PVC) i termoizolacji (EPS/XPS) w ciągu roku

Miesiąc	P1		P2		P3		P4	
	Temperatura [°C]	Zawartość wilgoci [g/m ²]	Temperatura [°C]	Zawartość wilgoci [g/m ²]	Temperatura [°C]	Zawartość wilgoci [g/m ²]	Temperatura [°C]	Zawartość wilgoci [g/m ²]
Styczeń	-1,05	6,73	-1,06	1,88	-1,09	1,02	-1,01	6,52
Luty	-0,79	8,82	-0,80	2,30	-0,83	1,03	-0,75	8,54
Marzec	4,52	10,06	4,51	0,00	4,49	0,00	4,55	9,73
Kwiecień	6,43	10,68	6,42	0,00	6,40	0,00	6,45	10,31
Maj	12,24	9,44	12,23	0,00	12,22	0,00	12,25	9,07
Czerwiec	17,12	6,47	17,11	0,00	17,11	0,00	17,12	6,13
Lipiec	19,19	2,39	19,19	0,00	19,19	0,00	19,19	2,10
Sierpień	16,62	0,00	16,62	0,00	16,62	0,00	16,63	0,00
Wrzesień	12,86	0,00	12,86	0,00	12,85	0,00	12,88	0,00
Październik	8,25	0,51	8,25	0,00	8,23	0,00	8,28	0,48
Listopad	3,00	2,20	2,99	0,00	2,97	0,00	3,03	2,11
Grudzień	0,90	4,34	0,89	0,89	0,87	0,49	0,94	4,19

Tabela 5. Ciśnienie cząstkowe pary wodnej p i ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej p_{sat} na styku zewnętrznej hydroizolacji (papy termozgrzewalnej/membrany dachowej PVC) i termoizolacji (EPS/XPS) w ciągu roku (kondensacja występuje przy $p > p_{sat}$)

Miesiąc	P1		P2		P3		P4	
	p [Pa]	p_{sat} [Pa]	p [Pa]	p_{sat} [Pa]	p [Pa]	p_{sat} [Pa]	p [Pa]	p_{sat} [Pa]
Styczeń	977,0	565,5	599,0	565,1	582,5	564,0	971,8	567,2
Luty	973,3	576,3	591,9	575,8	575,3	574,7	968,0	577,9
Marzec	1055,8	842,7	748,1	842,2	734,7	841,0	1051,5	844,4
Kwiecień	1073,8	962,3	782,0	961,8	769,3	960,6	1069,7	964,0
Maj	1209,4	1422,9	1038,6	1422,6	1031,1	1421,6	1207,0	1424,3
Czerwiec	1420,8	1949,0	1438,7	1948,9	1439,5	1948,4	1421,0	1949,7
Lipiec	1516,6	2219,6	1620,1	2219,6	1624,6	2219,4	1518,1	2219,8
Sierpień	1415,0	1889,2	1427,7	1889,0	1428,3	1888,4	1415,2	1889,9
Wrzesień	1307,2	1482,6	1223,7	1482,2	1220,1	1481,3	1306,0	1483,9
Październik	1178,5	1090,4	980,2	1089,9	971,5	1088,8	1175,7	1092,0
Listopad	1057,3	757,3	750,8	756,9	737,5	755,7	1053,0	759,0
Grudzień	1020,9	651,7	681,9	651,3	667,1	650,1	1016,1	653,4

możliwość, że woda opadowa w wyniku nieszczelności przedostała się pod membranę dachową PVC, a następnie z łatwością grawitacyjnie dotarła do folii PE, penetrując pomiędzy szczelinami płyt styropianu. Zawilgocenie betonu w poziomie konstrukcji stropodachu w wyniku przesiąkania wód opadowych byłoby możliwe w przypadku przerwania ciągłości folii PE (paroizolacji) znajdującej się na stropie, np. w wyniku uszkodzenia mechanicznego warstwy folii, w tym podczas kotkowania styropianu, co w praktyce miało miejsce lub w wyniku rozsunięcia arkuszy folii, czego z kolei nie można było wykluczyć. Ewentualna niewielka ilość wody, która przesiąknęłaby przez materiał termoizolacyjny zostałaby

zatrzymana przez paroizolację w przypadku jej idealnej ciągłości. Wykonane odkrywki nie wykazały zawilgożenia dolnej powierzchni styropianu, co wskazuje na nie zaleganie w tym miejscu wody opadowej. Zgłoszenia występowania zawilgoceń w budynku w poziomie stropów nad III piętrem miały miejsce bezpośrednio po oddaniu budynków do użytkowania, w okresie, w którym w części elementów żelbetowych, w tym w stropie nad III piętrem, znajdowała się jeszcze znaczna ilość wilgoci technologicznej – z dużym prawdopodobieństwem właśnie ta wilgoć była główną przyczyną powstania w okresie minionym wilgotnych plam, które miały tendencję malejącą (zanikającą). Jednocześnie nie

można wykluczyć, że przyczynami lokalnych przecieków były miejsca połączeń części opierzeń attyk i ogniowców zrealizowane przez wykonawcę jako łączone na zakład, bez zastosowania rąbka stojącego.

5. Propozycje usunięcia usterek pokrycia dachu płaskiego

Uwzględniając uwarunkowania ekonomiczno-techniczne zaproponowano usunięcie usterek dachu płaskiego w systemie etapowym.

Etap 1 do realizacji w ramach Obsługi Technicznej (OT) budynku obejmował:

- prowadzenie przez okres 1 roku obserwacji stanu technicznego sufitów w lokalach mieszkalnych w poziomie III piętra w aspekcie możliwości pojawienia się śladów przecieków z połaci dachowej;
- w przypadku dalszego występowania przecieków o dużej intensywności zalecono przystąpienie do prac etapu 2;
- niezależnie od kontroli stanu zawilgocenia sufitów przeprowadzenie kontroli szczelności obróbek blacharskich, w szczególności fragmentów których połączenia wykonano bez rąbka stojącego;
- we wszystkich lokalach mieszkalnych, ze szczególnym uwzględnieniem usytuowanych w poziomie III piętra przeprowadzenie szczegółowych pomiarów sprawności wentylacji grawitacyjnej obejmujące:
 - pomiar siły ciągu w poszczególnych przewodach,
 - pomiar rzeczywistej wymiany powietrza w poszczególnych pomieszczeniach;
- w przypadku pomiarowego potwierdzenia niskiej sprawności wentylacji grawitacyjnej objawiający się brakiem właściwej siły ciągu oraz krotkości wymiany powietrza należało rozważyć konieczność montażu urządzeń wspomagających wentylację – obrotowych nasad kominowych, np. tzw. turbowentów – sytuacja ta dotyczyła przede wszystkim lokali mieszkalnych w poziomie III piętra;
- ponadto w przypadku stwierdzenia niewłaściwej siły ciągu oraz niewłaściwej krotkości wymiany powietrza jako rozwiązanie projektowe należało rozważyć konieczność zastosowania wentylatorów mechanicznych, wspomagających wentylację grawitacyjną, które pracowałyby na tzw. biegu jałowym w systemie ciągłym, natomiast bieg powodujący zwiększony wydatek przepływu powietrza byłby włączany okresowo, w miarę zapotrzebowania na zwiększenie wydajności wentylacji – powyższa sytuacja dotyczy w szczególności przewodów do których podłączone były wentylacje lokali mieszkalnych w poziomie III piętra.

Docelowo, w ramach prac etapu 2 należało wykonać następujące prace:

- zdemontować istniejący układ warstw stropodachu,

- odtworzyć warstwy stropodachu stosując zamiennie polistyren ekspandowany laminowany (EPS 120 – styropian laminowany) zamiast zastosowanego na etapie realizacji dachu polistyrenu ekspandowanego (EPS 100-styropian). Jako warstwy pokrycia dachowego (izolacji przeciwwodnej) zalecono rozważenie zastosowania pap termozgrzewalnych, jak w przypadku podstawowego rozwiązania projektowego oraz wykonanie paroizolacji jako powłokowej. Przy powyższych założeniach układ warstw stropodachu wyglądałby następująco (od góry):
 - warstwa dociskowa-kruszywo otoczkowe 16/32 mm – 8 cm,
 - warstwa zabezpieczająca – geowłóknina,
 - pokrycie papowe wierzchniego krycia – papa termozgrzewalna wysokomodyfikowana na osnowie poliestrowej,
 - pokrycie papowe podkładowe – papa termozgrzewalna wysokomodyfikowana na osnowie z tkaniny szklanej,
 - izolacja termiczna – polistyren ekspandowany laminowany (EPS 120-styropian laminowany (z górną warstwą pokrycia papowego)) o grubości zapewniającej ochronę cieplną budynku przy jednoczesnym zapewnieniu właściwego spływu wód opadowych do wewnętrznych wpustów dachowych,
 - paraizolacja – wykonana jako powłokowa z zastosowaniem dyspersyjnych mas asfaltowo-kauczukowych-warstwa o grubości 2,5 mm,
 - konstrukcja stropu nad III piętrzem – strop żelbetowy 20 cm,
 - wyprawa „od spodu” stropu nad III piętrzem – tynk gipsowy 1 cm.

6. Podsumowanie

Główną przyczyną usterek powodujących uszkodzenia połaci dachowej było lokalne wykraplanie się pary wodnej, prawdopodobnie spotęgowane brakiem wcześniejszego odprowadzenia z konstrukcji stropodachu wody technologicznej.

Podstawowe rozwiązanie projektowe polegające na zastosowaniu papy termozgrzewalnej jako warstwy izolacji przeciwwodnej było rozwiązaniem doskonalszym, niż rozwiązaniem zrealizowane z zastosowaniem membrany dachowej PVC, gdyż zapewniało wzajemne przyleganie do siebie poszczególnych warstw izolacji, w szczególności przeciwwodnej i termicznej, nie pozwalając na powstawanie, wzbudającego niepokój wizualny, kondensatu pomiędzy poszczególnymi warstwami pokrycia dachowego.

Wprowadzone na etapie realizacji budynków rozwiązanie zamienne polegające na zamianie styroduru (XPS) na styropian (EPS 100) było rozwiązaniem niedoskonałym – styropian jest mniej wytrzymały od styroduru, co jednak nie miało tutaj kluczowego znaczenia. Perforacja paroizolacji z folii polietylenowej występująca

w następstwie mocowania styropianu do konstrukcji stropodachu za pomocą kołków umożliwiała przedostawanie się pary wodnej ze spodu paroizolacji do warstwy materiału termoizolacyjnego, jak również umożliwia ewentualną penetrację wód przesiąkających przez warstwy izolacji termicznej w przypadku nieszczelności pokrycia dachowego.

Nie można wykluczyć, że wykonanie części opierzeń attek jako łączonych bez zastosowania rąbka stojącego było źródłem przecieków do wnętrza połaci dachowej.

Ponadto obniżona, ze względu na długość trzonów kominowych sprawność wentylacji grawitacyjnej w pomieszczeniach w poziomie III piętra przyczyniła się do powstawania wykropleń kondensatu ze względu na brak właściwej wymiany powietrza w pomieszczeniach.

Lokalne zawilgocenie membrany dachowej od spodu, widoczne po wykonaniu odkrywek było charakterystyczne dla tego typu izolacji przeciwwodnej połaci dachowych i spowodowane było znakozmienną temperaturą powietrza atmosferycznego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Beinhauer P., Katalog standardowych rozwiązań projektowych detali dla projektów budowlanych, Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa, 2010
- [2] Markiewicz P., Detale projektowe dla architektów, Wydawnictwo Archiplus, Warszawa, 2009
- [3] Rokieli M., Renowacje obiektów budowlanych, Projektowanie i warunki techniczne wykonania i odbioru robót, Wydawnictwo Medium, Warszawa, 2014
- [4] Baranowski W., Zużycie obiektów budowlanych, Wydawnictwo Warszawskiego Centrum Postępu Techniczno-Organizacyjnego Budownictwa, Ośrodek Szkolenia WACETOB sp. z o.o., Warszawa, 2000
- [5] Praca zbiorowa, Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2007
- [6] Substyk M., Utrzymanie i kontrola okresowa obiektów budowlanych, Wydawnictwo ODDK, Warszawa, 2012
- [7] PN-EN ISO 13788:2003 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynków. Temperatura powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania
- [8] Klemm P. (red.), Budownictwo Ogólne, T. 2, Fizyka Budowli, Arkady, Warszawa, 2005
- [9] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 poz. 690 z dnia 15.06.2002 r. wraz z późniejszymi zmianami)



IV FORUM BUDOWLANE PŁOCK 2016

16–17 listopada 2016 r. Instytut Budownictwa

Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii

Politechniki Warszawskiej Filii w Płocku



Przy współpracy

- Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa
- Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Płocku
- Izby Gospodarczej Regionu Płockiego
- Towarzystwa Naukowego Płockiego

Pod patronatem

- JM rektora Politechniki Warszawskiej
- Przewodniczącego Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa
- Prezydenta Miasta Płocka

PROGRAM FORUM

- Konferencja naukowo-techniczna „Aktualne problemy naukowo-techniczne budownictwa”
- Warsztaty inżynierów budownictwa „Nowoczesne technologie dla budownictwa”
- Wystawa osiągnięć i produktów dla budownictwa

TEMATYKA KONFERENCJI

Budownictwo

- Badania materiałów i wyrobów budowlanych, w tym recyklingowych
- Konstrukcje budowlane i inżynierskie
- Technologia i organizacja procesów budowlanych
- Eksploatacja, diagnostyka i ocena stanu technicznego obiektów budowlanych
- Geotechnika

- **Fizyka budowli i inżynieria środowiska**
- Racjonalizacja użytkowania energii i ochrona środowiska
- Niekonwencjonalne źródła energii
- Nowe technologie w ogrzewnictwie, wentylacji, klimatyzacji
- Budownictwo zrównoważone

oraz inne zagadnienia dotyczące budownictwa i inżynierii środowiska

Organizatorzy zapraszają inżynierów budownictwa, studentów i pracowników naukowych uczelni, firmy funkcjonujące w sektorze budownictwa i inżynierii środowiska oraz innych zainteresowanych tematyką do udziału w IV Forum Budowlanym – Płock 2016. Bierne uczestnictwo w Forum jest bezpłatne. Szczegółowe informacje dostępne są na stronie www.fb2016.pw.plock.pl

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej, ul. Łukasiewicza 17, 09–400 Płock,

tel./fax. (24) 262–42–26, e-mail: fb2016@pw.plock.pl, www.fb2016.pw.plock.pl