

Analiza kosztów budowy ścian zewnętrznych, ogrzewania oraz strat ciepła dla przykładowego budynku jednorodzinnego przy założeniu różnych technologii wykonania ścian

Dr inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina, mgr inż. Marcin Drobiszewski, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Celem artykułu jest pokazanie jak przy zastosowaniu różnych materiałów i rozwiązań technologicznych zmieniają się koszty wznoszenia ścian zewnętrznych budynków jednorodzinnych oraz właściwości izolacyjne przegrody. Na podstawie odpowiednich obliczeń, w artykule pokazano jak poszczególne rozwiązania wpływają na koszty ponoszone w okresie późniejszym, związane ze zużyciem energii cieplnej na ogrzewanie domu. Wreszcie ostatecznym celem opracowania jest odpowiedź na pytanie, czy możliwe jest wskazanie takiego rozwiązania, które jest optymalne zarówno pod względem kosztów poniesionych na wykonanie przegród zewnętrznych, właściwości izolacyjnych przegrody, jak i wydatków poniesionych w przyszłości na ogrzewanie budynku.

Rozważania przeprowadzono na przykładzie domu jednorodzinnego w Nowym Sączu. Wynikająca z przedmiaru powierzchnia ścian zewnętrznych wynosi 170,47 m². Obliczenie kosztów wzniesienia ścian zewnętrznych przeprowadzono na podstawie średnich cen wykonania 1 m² przegrody, zawar-

tych w „Katalogu cen jednostkowych robót i obiektów inwestycyjnych. III kwartał 2006 roku” oraz danych dostarczonych przez producentów i firmy wykonawcze.

Koszty ogrzania budynku przy zastosowaniu określonego wariantu obliczone zostały za pomocą programu Kan OZC. Dane do programu, dotyczące właściwości cieplnych poszczególnych przegród zaczerpnięte zostały z projektu architektoniczno-budowlanego budynku oraz z materiałów od producentów.

Wybrane do analizy technologie wznoszenia ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych są popularnymi rozwiązaniami stosowanymi na polskim rynku. Inne, rzadziej stosowane metody zostały w tym opracowaniu pominięte. Nie znaczy to jednak, że są one złe i nie można ich stosować. Każde rozwiązanie dopuszczone do stosowania w budownictwie jest poprawne.

W artykule skoncentrowano się głównie na problemie zapewnienia przegrodom odpowiedniej termooizolacyjności, a co za tym idzie sprawdzeniu, jak poszczególne rozwiązania wpływają na powstanie w budynku warunki cieplne. Dla każdego przykładu obliczono

zapotrzebowanie na moc cieplną, a następnie porównano ją z kosztami wybudowania przegrody. W ten sposób otrzymano rozwiązanie, które jest najtańsze zarówno pod względem wzniesienia ściany, jak i późniejszych nakładów finansowych ponoszonych na ogrzanie budynku.

Pozostałe kryteria wyboru przegród zewnętrznych, tj. szybkość wznoszenia, akumulacja ciepła, izolacyjność akustyczna oraz oddychanie zostały porównane na podstawie danych dostarczonych przez producentów poszczególnych materiałów.

Pomimo, że w artykule nie uwzględniono wszystkich dostępnych na rynku rozwiązań oraz szczegółowo zanalizowano poszczególne technologie tylko w zakresie izolacyjności cieplnej, niemniej jednak wskazano na co należy zwrócić szczególną uwagę przy wyborze ścian zewnętrznych budynku. Uzmysławiono, jakie czynniki wpływają na izolacyjność cieplną przegrody oraz jak ta izolacyjność wpływa na koszty utrzymania domu.

Ze względu na ograniczoną objętość publikacji, przedstawiono jedynie ostateczne wyniki obliczeń.

Tabela 1. Porównanie technologii wznoszenia ścian zewnętrznych budynków jednorodzinnych – dane techniczne

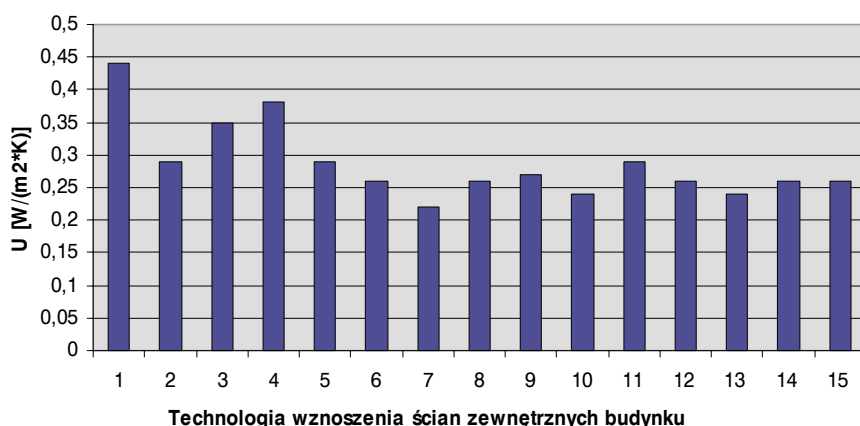
Lp.	Typ przegrody	Materiały	Grubość przegrody [cm]	Współczynnik U [W/(m ² *K)]
1	Jednowarstwowa	Beton komórkowy 36 cm o gęstości 500 kg/m ² . Tynk zwykły kat. III.	37,5	0,44
2		YTONG PP2/040. Tynk zwykły kat. III.	38,0	0,29
3		Porotherm 38 P+W. Tynk zwykły kat. III.	39,5	0,35
4		Termo Optiroc 36,5 cm. Tynk zwykły kat. III.	38,0	0,38
5	Dwuwarstwowa	MAX 220 28,8 cm. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	40,8	0,29
6		Porotherm 25 P+W. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	37,0	0,26
7		Beton komórkowy 24cm. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	36,0	0,22
8		YTONG 30 cm. Docieplenie w systemie KABE 8 cm.	38,0	0,26
9		SILKA M18. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	30,0	0,27
10		Termo Optiroc 24 cm. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	36,0	0,24
11	Trójwarstwowa	MAX 220 28,8 cm. Wełna mineralna 10 cm. Cegła K-3 12 cm. Tynk zwykły kat. III.	52,3	0,29
12		Porotherm 25 P+W. Wełna mineralna 10 cm. Porotherm 11,5 P+W. Tynk zwykły kat. III.	48,0	0,26
13		Beton komórkowy 24 cm. Styropian 8 cm. Cegła klinkierowa 12 cm. Tynk zwykły kat. III.	45,5	0,24
14		SILKA M18. Styropian 12 cm. SILKA M12. Tynk zwykły kat. III.	43,5	0,26
15		Termo Optiroc 24 cm. Wełna mineralna 8 cm. Pustka powietrzna 2 cm. Termo Optiroc 12 cm. Tynk zwykły kat. III.	47,5	0,26

2. Wyniki analiz

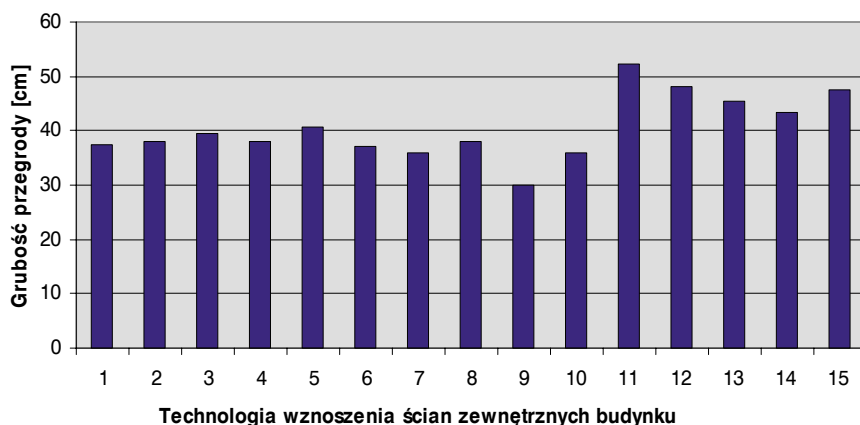
W tabeli 1 zestawiono różne technologie wykonania ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych, pokazując w jakim stopniu spełniają wybrane kryteria techniczne. Analizując koszty wykonania ścian zewnętrznych oraz ogrzewania przykładowego budynku jednorodzinne, przy zastosowaniu poszczególnych technologii, otrzymano następujące wyniki (tab. 2). Obserwując te zestawienia oraz biorąc pod uwagę własną wiedzę i doświadczenie, wybrane rozwiązania zewnętrznych ścian budynków mieszkalnych spełniają poszczególne parametry w następujący sposób.

Koszt wzniesienia

Koszty budowy ścian zewnętrznych dla technologii opisanych w artykule wynoszą dla przykładowego budynku jednorodzinne od 16731,63 zł dla przegrody dwuwarstwowej z betonu komórkowego do 53379,27 zł dla trójwarstwowej wykonanej w technologii SILKA. Jest to zatem różnica równa prawie 37000 zł. Obserwując wykres kosztów budowy ścian



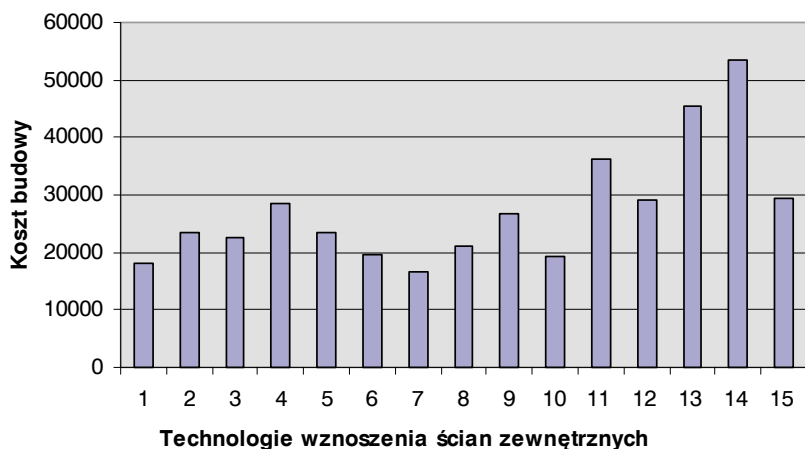
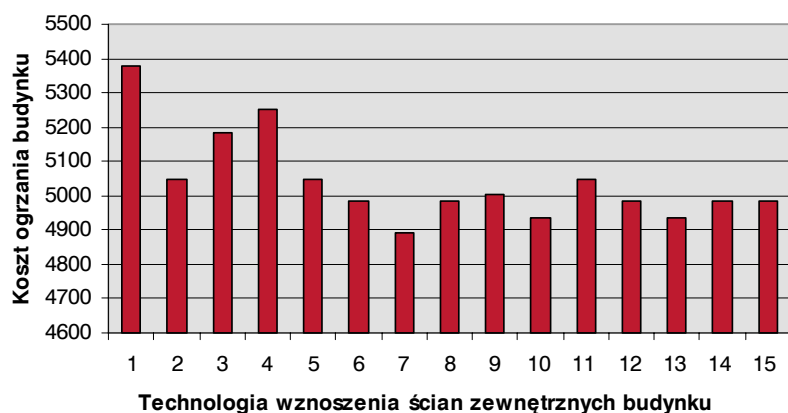
Rys. 1. Współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych budynków jednorodzinnych w zależności od rodzaju technologii (1–15 oznaczenia jak w tabeli 1)



Rys. 2. Grubości zewnętrznych ścian budynków jednorodzinnych w zależności od rodzaju technologii (1–15 oznaczenia jak w tabeli 1)

Tabela 2. Porównanie technologii wznoszenia ścian zewnętrznych dla przykładowego budynku jednorodzinnego – koszty

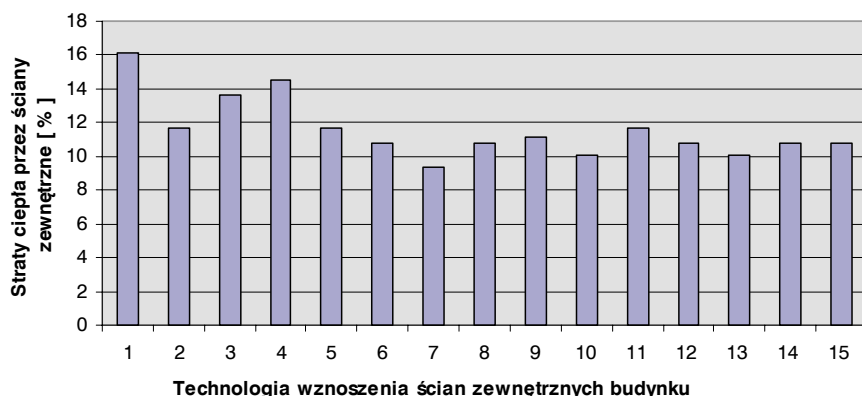
Lp.	Typ przegrody	Materiały	Koszty budowy [zł]	Koszty ogrzewania [zł/rok]	Straty ciepła [%]
1	Jednowarstwowa	Beton komórkowy 36 cm o gęstości 500 kg/m ² . Tynk zwykły kat. III.	18180,63	5378,80	16,1
2		YTONG PP2/040. Tynk zwykły kat. III.	23480,54	5049,20	11,7
3		Porotherm 38 P+W. Tynk zwykły kat. III.	22432,15	5183,60	13,6
4		Termo Optiroc 36,5 cm. Tynk zwykły kat. III.	28644,07	5251,00	14,5
5	Dwuwarstwowa	MAX 220 28,8 cm. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	23318,59	5049,20	11,7
6		Porotherm 25 P+W. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	19578,48	4982,00	10,8
7		Beton komórkowy 24 cm. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	16731,63	4892,60	9,4
8		YTONG 30 cm. Docieplenie w systemie KABE 8 cm.	21105,89	4982,00	10,8
9		SILKA M18. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	26603,55	5004,40	11,1
10		Termo Optiroc 24 cm. Docieplenie w systemie KABE 12 cm.	19162,53	4937,40	10,1
11	Trójwarstwowa	MAX 220 28,8 cm. Wełna mineralna 10 cm. Cegła K-3 12 cm. Tynk zwykły kat. III.	36269,20	5049,20	11,7
12		Porotherm 25 P+W. Wełna mineralna 10 cm. Porotherm 11,5 P+W. Tynk zwykły kat. III.	29256,06	4982,00	10,8
13		Beton komórkowy 24 cm. Styropian 8 cm. Cegła klinkierowa 12 cm. Tynk zwykły kat. III.	45351,84	4937,40	10,1
14		SILKA M18. Styropian 12 cm. SILKA M12. Tynk zwykły kat. III.	53379,27	4982,00	10,8
15		Termo Optiroc 24 cm. Wełna mineralna 8 cm. Pustka powietrzna 2 cm. Termo Optiroc 12 cm. Tynk zwykły kat. III.	29523,70	4982,00	10,8

**Rys. 3.** Koszty budowy zewnętrznych ścian przykładowego budynku jednorodzinnego w zależności od technologii (1–15 oznaczenia jak w tabeli 1)**Rys. 4.** Koszty ogrzania przykładowego budynku jednorodzinnego w zależności od zastosowanej technologii wznoszenia ścian zewnętrznych (1–15 oznaczenia jak w tabeli 1)

zewnętrznych (rys. 3), można zauważyć, że wartość nakładów poniesionych na ten element budynku jest najmniejsza dla ścian jednowarstwowych i dwuwarstwowych, natomiast rośnie znacząco w przypadku przegród trójwarstwowych. Oprócz wspomnianego najtańszego rozwiązania, do tanich – ze względu na koszt wzniesienia ścian – można zaliczyć: ścianę jednowarstwową z betonu komórkowego – 18180,63 zł, dwuwarstwową z bloczków Termo Optiroc – 19162,53 zł oraz dwuwarstwową z pustaków Porotherm – 19578,48 zł.

Termoizolacyjność

Izolacyjność cieplną przegrody określa współczynnik przenikania ciepła U. Wszystkie opisane w tej pracy rozwiązania ścian zewnętrznych spełniają określone przepisami wymagania (0,5 W/(m²*K) dla ścian jednowarstwowych oraz 0,3 dla dwuwarstwowych). Najlepszą termoizolacyjnością spośród badanych charakteryzuje się ściana dwuwarstwowa z betonu komórkowego – 0,22 W/(m²*K), a naj słabszą jednowarstwową z tego samego materiału – 0,44 W/(m²*K).



Rys. 5. Procentowy udział strat energii cieplnej w ogólnych stratach ciepła przykładowego budynku jednorodzinne w zależności od technologii wznoszenia ścian zewnętrznych (1–15 oznaczenia jak w tabeli 1)

Ściany warstwowe charakteryzują się lepszą izolacyjnością cieplną niż jednowarstwowe. Wyjątek stanowi ściana jednowarstwowa wykonana w technologii YTONG, która posiada współczynnik $U=0,29 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Termoizolacyjność ścian warunkuje wysokość rocznych kosztów ogrzania budynku. Dla ścian jednowarstwowych są one w związku z tym znacznie wyższe i wynoszą od 5049,20 zł/rok (YTONG) do 5251,00 zł/rok (Termo Optiroc), natomiast dla ścian warstwowych roczne koszty ogrzania budynku przeważnie nie przekraczają kwoty 5000,00 zł/rok. Także i w tym zestawieniu najlepsza okazuje się przegroda dwuwarstwowa z betonu komórkowego – 4892,60 zł/rok oraz dwuwarstwowa z bloczków Termo Optiroc i trójwarstwowa z betonu komórkowego – 4937,40 zł.

Szybkość wznoszenia

Szybkość budowy zewnętrznych ścian budynków mieszkalnych dla opisywanych rozwiązań zależy w głównej mierze od ilości warstw. Najszybciej wznosi się przegrody jednowarstwowe, murowane na cienkie spoiny poziome, łączące w ten sposób, aby wyeliminować spoiny pionowe. Dodatkową cechą wpływającą na czas wykonania robót są w tym przypadku duże wymiary pustaków czy bloczków, natomiast ograniczenie stanowi czas niezbędny do wyschnię-

cia przegrody przed całkowitym jej wykończeniem. Jeśli chodzi o ściany dwuwarstwowe, okres ich realizacji zwiększony jest o czas wykonania ocieplenia, a w przypadku trójwarstwowych – ocieplenia i warstwy okładzinowej.

Grubość

Grubość przegrody jest podobna w przypadku ścian jedno- i dwuwarstwowych, natomiast zwiększa się dla ścian trójwarstwowych. Podobne wymiary przegród jedno- i dwuwarstwowych wynikają z tego, że część grubości pustaka w drugim przypadku zastąpiono warstwą termoizolacji, która zwiększa izolacyjność cieplną przegrody. Z kolei na zwiększenie przekroju ścian trójwarstwowych wpływa dodatkowa warstwa okładzinowa, osłaniająca termoizolację. Najmniejszą grubość wśród rozpatrywanych wariantów posiada ściana dwuwarstwowa wykonana w technologii SILKA – 30 cm. Bardzo dobrze pod tym względem prezentują się również ściany dwuwarstwowe z betonu komórkowego i pustaków Termo Optiroc – 36 cm oraz ściana dwuwarstwowa z pustaków Porothersm – 37 cm.

Akumulacja ciepła

Akumulacja ciepła jest tym lepsza, im przegroda jest grubsza i materiał, z którego jest wykonana ma większą masę. Dlatego też lekkie ściany jednowarstwowe gorzej tłu-

mią hałasy niż ściany dwu- lub trzywarstwowe. Różnice występują także w zależności od zastosowanego materiału. Lekki beton komórkowy bądź też ceramika poryzowana mają gorsze właściwości akumulacyjne niż bloczki wapienno-piaskowe. Spośród przedstawionych technologii wznoszenia ścian zewnętrznych najlepsze właściwości termoregulacyjne posiada przegroda trójwarstwowa wykonana w technologii SILKA oraz trójwarstwowa z keramzytobetonu.

Izolacyjność akustyczna

Obliczenie izolacyjności akustycznej przegrody jest procesem skomplikowanym. Akustyka jest niejednokrotnie pomijanym parametrem przez inwestorów przy wyborze technologii ścian zewnętrznych. Przyjmuje się, że istniejące na rynku rozwiązania spełniają wymagania dotyczące ochrony akustycznej. Problem pojawia się jednak w momencie, kiedy budynek znajduje się w miejscu narażonym na działanie hałasów. Warto wówczas skrupulatnie przeanalizować wybrany materiał i technologię ze względu na ten parametr. Dla ścian jednorodnych izolacyjność akustyczna zależy od tzw. masy powierzchniowej tych przegród, a zatem im przegroda jest cięższa, tym lepiej tłumi hałasy. W przypadku ścian warstwowych, funkcję wyciszenia przejmuje materiał tłumiący dźwięki. Dobrym rozwiązaniem w tym przypadku jest zastosowanie ocieplenia z wełny mineralnej, która spełnia to zadanie bardzo dobrze. Najlepsze rozwiązanie, jeśli chodzi o izolację akustyczną, spośród opisanych technologii stanowią ściany dwu- i trzywarstwowe z pustaków Termo Optiroc oraz bloczków SILKA.

Oddychanie ściany

Zdolność do oddychania przegrody, czyli odprowadzania istniejącej w pomieszczeniu wilgoci na zewnątrz potraktowano w artykule jako zaletę, nie uznano jej jednak za podstawowy warunek, na podstawie które-

go wybiera się ścianę zewnętrzną budynku. Wszystkie opisane ściany jednowarstwowe charakteryzują się bardzo dobrą zdolnością do oddychania. Jeżeli chcemy, aby przez przegrodę jednowarstwową mogła być odprowadzana na zewnątrz para wodna, musimy pamiętać o odpowiednim wykończeniu ściany. Należy zastosować tynk umożliwiający oddychanie przegrody. Podobnie w przypadku ścian warstwowych. Decydując się zatem na zastosowanie przegrody spełniającej warunek „oddychania” należy pamiętać o tym, aby wszelkie warstwy, które wchodzi w jej skład cechowała zdolność do transportu przez nie wilgoci.

Podsumowując, rozwiązaniami najlepiej spełniającymi poszczególne kryteria są ściany dwuwarstwowe z betonu komórkowego i pustaków Termo Optiroc. Porównanie tych dwóch technologii zawarte zostało w tabeli 3.

Rozwiązanie z betonem komórkowym jest tańsze o 2430,90 zł jeśli chodzi o wzniesienie przegrody oraz o 45,40 zł w przypadku rocznych kosztów na ogrzanie budynku. Technologie te nie różnią się znacząco, jeśli chodzi o pozostałe cechy, tj. czas trwania robót, akumulację ciepła, izolacyjność akustyczną oraz oddychanie. W związku z tym w przypadku, gdy najważniejszym kryterium dla inwestora są koszty poniesione na wybudowanie ściany oraz wydatki poniesione w późniejszym okresie na ogrzanie budynku, najkorzystniejszym rozwiązaniem na zewnętrzne ściany budynków mieszkalnych jest przegroda dwuwarstwowa z betonu komórkowego grubości 24 cm, ocieplona 12 cm warstwą styropianu.

Tabela 3. Porównanie parametrów dwuwarstwowych ścian z betonu komórkowego i pustaków Termo Optiroc dla przykładowego budynku jednorodzinnego

Lp.	Rodzaj kryterium	Beton komórkowy	Termo Optiroc
1	Grubość przegrody	36 cm	36 cm
2	Współczynnik przenikania ciepła U	0,22 W/(m ² *K)	0,24 W/(m ² *K)
3	Koszt wybudowania	16731,63 zł	19162,53 zł
4	Roczny koszt ogrzania	4892,00 zł	4937,40 zł
5	Straty ciepła przez ścianę zewnętrzną	9,4%	10,1%

3. Podsumowanie

Porównując obecne metody wznoszenia ścian zewnętrznych, warto odnieść je do wymagań, które obowiązywały jeszcze do roku 1991. Wznosząc nasz przykładowy dom w latach 1967–1986, kiedy wymagana wartość współczynnika przenikania ciepła wynosiła 1,16 W/(m²*K), otrzymalibyśmy roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania równe 35034 kWh/rok, a straty ciepła przypadające na przegrody zewnętrzne równe 32,7%¹. Zatem roczny koszt ogrzania budynku wynosiłby 7006,80 zł, co daje wynik około 2000 wyższy od tego, który osiągnęliśmy stosując dzisiejsze metody. Nie najlepiej również sytuacja wygląda, gdybyśmy stosowali się do przepisów obowiązujących w latach 1986–1991. Graniczna wartość współczynnika przenikania ciepła wynosiła wówczas 0,75 W/(m²*K), co daje roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania 30412 kWh/rok. Straty ciepła przez przegrody zewnętrzne w tym przypadku byłyby równe 24,2%, a roczne koszty ogrzania budynku zamykałyby się w kwocie 6082,40 zł², czyli o około 1000 zł więcej niż przy obecnie stosowanych systemach.

Na tym tle widzimy postęp, jaki dokonał się w podejściu do izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych. Uzasadnienie tego jest oczywiste. Zmniejszenie kosztów ogrzewania o jeden lub dwa tysiące złotych w przeciągu jednego sezonu grzewczego sprawia, iż wydatki poniesione na wybudowanie przegrody cieplejszej zwracają się stosunkowo szybko. Dąży się zatem do tego, aby

przy racjonalnie minimalnych kosztach otrzymać ściany o jak najlepszej termoizolacyjności. Jak pokazują przykłady przedstawione w artykule, na polskim rynku istnieje wiele technologii, które pozwalają wybudować przegrody spełniające obowiązujące obecnie wymagania. W zależności od kryterium, które inwestor bądź projektant uzna za decydujące przy wyborze, można zastanowić się nad sposobem jej wykonania oraz zastosowanym materiałem.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Abramowicz M., Poradnik majstra budowlanego, Arkady, Warszawa 1996
- [2] Byrdy Cz., Ciepłochronne konstrukcje ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych, PK, Kraków 2006
- [3] Byrdy Cz., Zasady ocieplania budynków mieszkalnych, PK, Kraków 1998
- [4] Janiak R., Połączenia systemów SILKA i YTONG. Zeszyt techniczny. Xella Polska Sp. z o.o. 2006
- [5] Kalkulacje kosztów budowy ścian i stropów ceramicznych – materiały informacyjne firmy Wienerberger
- [6] Katalog cen jednostkowych robót i obiektów. III kwartał 2006. Bistyp Consulting, Warszawa 2006
- [7] Keramzyt OPTIROC – materiały informacyjne firmy OPTIROC
- [8] Pogorzelski J. A., Ściany trójwarstwowe – docieplać czy nie?, Murator 12/2001
- [9] Porotherm. Asortyment 2006 – materiały informacyjne firmy Wienerberger
- [10] Radziszewska-Zielina E., Metody wykonania ciepłochronnych ścian zewnętrznych. Wyd. PK 2003
- [11] Ściany zewnętrzne wielowarstwowe. Wytyczne projektowe i wykonawcze – materiały informacyjne firmy Rockwool

USTAWY

- [12] Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii. Dziennik Ustaw Nr 75, poz. 690 z 12 kwietnia 2002

NORMY

- [13] PN-B-03406 Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³.
- [14] PN-82/B-02403 Temperatuty obliczeniowe zewnętrzne
- [15] PN-82/B-02402 Temperatuty ogrzewanych pomieszczeń w budynkach
- [16] PN-EN ISO 6946 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania

PRZYPISY

- ¹ Obliczenia własne, program Kan OZC
- ² Obliczenia własne, program Kan OZC