

**CECHY ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGICZNYCH  
ZAPEWNIAJĄCYCH WZROST EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ  
BUDYNKÓW MIESZKANIOWYCH**

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ, ЩО  
ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ**

**FEATURES OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS ENSURING  
INCREASES IN ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL  
BUILDINGS**

**Drapaliuk M., dr hab. Profesor nadzwyczajny (Odeska Państwowa  
Akademia Inżynierii Lądowej i Architektury, Odesa)**

**Драпалюк М.В., к.т.н., доц. (Одеська державна академія  
будівництва і архітектури, Одеса)**

**Drapaliuk M., Ph.D. in Engineering (Odesa State Academy of Civil  
Engineering and Architecture, Odesa)**

*Obecnie istnieje szereg rozwiązań technologicznych zapewniających wzrost efektywności energetycznej budynków wielomieszaniowych: ocieplenie elewacji, beton lekki, konstrukcje okienne, systemy wentylacji z odzyskiem ciepła, konstrukcje szerokobudowlane, systemy pomiaru i regulacji ciepła itp. Najważniejszym zadaniem jest stworzenie podstaw norm budowlanych. Regulacja powinna być tworzona na długi czas, dawać uczestnikom rynku wytyczne na przyszłość i tworzyć pewne korytarze technologiczne. Ważnym obszarem oszczędzania energii jest organizacja rozliczania zużycia ciepła, energii elektrycznej i wody.*

*В даній час існує низка технологічних рішень, які забезпечують зростання енергоефективності багатоквартирних будинків: утеплення фасадів, легких бетонів, віконних конструкцій, систем вентиляції з рекуперацією тепла, систем вимірювання та регулювання тепла та ін. Найважливішим завданням є створення фундаменту стандартів будівництва. Регулювання має створюватися на довгострокову перспективу, давати учасникам ринку орієнтири на майбутнє та створювати технологічні коридори.*

*Важливим напрямком енергозбереження є організація обліку споживання тепла, електроенергії та води. Самі лічильники нічого не економлять, але стимулювати енергозбереження можуть. Окрім заходів примусу, необхідно створити систему економічних стимулів, що підтримують впровадження*

енергоефективних технологій: податкові пільги, субсидії та створення зон енергоефективності. Значних зусиль від держави потребує також вирішення проблеми формування кваліфікованих споживачів енергоефективних рішень у житловому будівництві. Зниження витрат палива та енергії у виробництві будівельних матеріалів можна досягти шляхом впровадження нових технологій, нового обладнання, теплових агрегатів.

*Currently, there are a number of technological solutions that ensure the increase in the energy efficiency of multi-apartment buildings: insulation of facades, lightweight concrete, window structures, ventilation systems with heat recovery, wide-building structures, heat measurement, and regulation systems, etc. The most important task is to create a foundation of construction standards. Regulation should be created for the long term, provide market participants with guidelines for the future and create some technological corridors. An important area of energy saving is the organization of heat, electricity, and water consumption accounting. The meters themselves do not save anything, but they can stimulate energy saving.*

*In addition to coercive measures, it is necessary to create a system of economic incentives that support the introduction of energy-efficient technologies: tax benefits, subsidies, and the creation of energy efficiency zones. The solution of the problem of formation of qualified consumers of energy-efficient solutions in residential construction also requires significant efforts from the state. Reducing fuel and energy consumption in the production of building materials can be achieved by introducing new technologies, new equipment, and thermal units.*

**Слова ключові:** *oszczędność energii, zużycie energii, racjonalne użytkowanie, efektywność energetyczna, struktura, ochrona.*

**Ключові слова:** *енергозбереження, енергоспоживання, раціонального використання, енергоефективність, структура, захист.*

**Keywords:** *energy saving, energy consumption, rational use, energy efficiency, structure, protection.*

Oszczędzanie energii staje się z roku na rok coraz bardziej palące. Ograniczone zasoby energii, wysoki koszt energii, negatywny wpływ na środowisko związany z jej produkcją – wszystkie te czynniki wskazują, że bardziej zasadne jest ograniczanie zużycia energii niż ciągle zwiększanie jej produkcji, a co za tym idzie ilość problemów. Świat od dawna szuka sposobów na ograniczenie zużycia energii poprzez jej racjonalne wykorzystanie.

„Domy pasywne” zostały pierwotnie zaprojektowane przez deweloperów specjalnie z myślą o warunkach klimatycznych Europy Środkowej i zgodnie z podstawową ideą miały wykorzystywać wyłącznie wewnętrzne zasoby ciepłe do ogrzewania, mieć minimalną wymianę energii z otoczeniem (ze względu na wysoką wysokiej jakości izolacji termicznej) i maksymalizacji wykorzystania ciepła ze wszystkich emisji. Ale ich budowa wymaga znacznych dodatkowych kosztów w porównaniu z konwencjonalnymi budynkami.

Na początku budowy budynków energooszczędnych głównym zainteresowaniem było badanie sposobów oszczędzania energii i poprawy jakości mikroklimatu [1].

Zgodnie z metodologią stosowaną w krajach Unii Europejskiej, pod względem oszczędności energii budynki mieszkalne dzielą się na zwykły dom (zużycie energii - 400 kWh rocznie na 1 m<sup>2</sup>), dom o niskim zużyciu energii (mniej niż 70 kWh), „pasywne” (nie więcej niż 15 kWh) i „aktywne”. Określenie „dom pasywny” oznacza, że dom ten powinien emitować jak najmniej ciepła i zapewniać komfortową temperaturę w pomieszczeniach zarówno zimą, jak i latem. Cel ten osiąga się za pomocą izolacji termicznej, zapewniającej „efekt termosu”, zamkniętego systemu grzewczego oraz wentylacji rekuperacyjnej. W związku z tym takie domy zużywają prawie 80% mniej energii niż na przykład nowe budynki zaprojektowane zgodnie z niemieckim rozporządzeniem w sprawie izolacji cieplnej z 1995 r. (niemieckie rozporządzenie w sprawie izolacji termicznej - 1995).

Poważnym problemem, który nie został jeszcze rozwiązany przez projektantów „domów pasywnych” typu niemieckiego, pozostaje ich dość sztywne powiązanie z warunkami klimatycznymi Europy Środkowej: jak pokazują obliczenia techniczne, przy budowie takich domów na terenach położonych powyżej 60° szerokości geograficznej północnej szerokości geograficznej dodatkowe koszty bardzo znacząco rosną [1].

Aktywny dom może sam zapewnić sobie prąd i ciepłą wodę. Typowe wyposażenie aktywnego domu w ostatnich latach to kolektor słoneczny do podgrzewania wody, elektrownia słoneczna na jego dachu oraz pompa ciepła, która zamienia niskowartościowe ciepło z gruntu lub ścieków bytowych na ciepłą wodę [1].

Aby zachować zgodność z przepisami, budowniczowie muszą stosować nowe, skuteczne materiały i konstrukcje termoizolacyjne. W przeciwnym razie zarówno grubość zewnętrznych struktur otaczających, jak i ich koszt byłyby bardzo wysokie. Aby zapewnić wymagane parametry, ściany zewnętrzne budynków mieszkalnych są budowane wielowarstwowo, zawierające warstwy nośne i termoizolacyjne. Zastosowanie energooszczędnych ogrodzeń zewnętrznych, ze względu na oszczędność zasobów termicznych, zwraca się jednorazowo w nowo budowanych budynkach mieszkalnych i cywilnych w ciągu siedmiu do ośmiu lat, aw istniejących domach - w ciągu 12-14 lat.

Struktura materiałów termoizolacyjnych to produkty z wełny mineralnej (ponad 65%), materiały z wełny szklanej stanowią 8%, kolejne 20% - dla tworzyw piankowych udział betonu termoizolacyjnego nie przekracza 3%, perlit ekspandowany, wermikulit i produkty na ich bazie - 2-3, a inne rodzaje skutecznych materiałów termoizolacyjnych stanowią 1-2%. Przy zastosowaniu skutecznych materiałów termoizolacyjnych na obwodzie budynku około 0,25 m<sup>2</sup> w powierzchni użytkowej. Również wielowarstwowe systemy ociepleń

zewnątrznych mogą zmniejszyć obciążenie fundamentu, a co za tym idzie obniżyć koszt jego budowy[2].

Problem polega jednak na tym, że obecnie kwestia trwałości materiału termoizolacyjnego podczas eksploatacji w przegrodach budowlanych pozostaje słabo poznana. Przede wszystkim dotyczy to izolacji włóknistych i tworzyw piankowych. Dostępne wyniki wskazują, że żywotność materiału termoizolacyjnego na bazie włókna szklanego lub wełny mineralnej wynosi 25-30 lat. Po tym okresie współczynnik przewodności cieplnej zaczyna rosnąć.

Oprócz zastosowania grzejników, wzrost izolacyjności termicznej uzyskuje się za pomocą materiałów mineralnych: gazobetonu i pianobetonu, styropianu, a także pustaków wielkoformatowych z ceramiki porowatej. Lekki beton komórkowy pozwala zaoszczędzić ciepło i obniżyć koszty energii o około 20%. Jednocześnie zastosowanie lekkiego betonu konstrukcyjnego pozwala zaoszczędzić 30-50% masy przy budowie wieżowców. Służą do wykonywania jednowarstwowych ścian zewnętrznych, samonośnych w podadze. Takie lekkie betony można wytwarzać z porowatych kruszyw z odpadów technologicznych (żużel, szlam, popiół, osad ściekowy, odpady komunalne itp.)[3].

W budownictwie mieszkaniowym i cywilnym ściany zewnętrzne z systemami elewacyjnymi są również aktywnie wykorzystywane do zapewnienia ochrony termicznej. Zewnętrzna lokalizacja izolacji termicznej w ogólnym bilansie strat ciepła okazuje się znacznie bardziej efektywna niż wewnętrzna, przede wszystkim ze względu na znaczne przekroczenie całkowitej długości wtrąceń przewodzących ciepło na stykach ścian wewnętrznych i stropów wzdłuż elewacji o długości wtrąceń przewodzących ciepło w jej narożach. W przypadku ocieplenia od zewnątrz grubość warstwy ocieplenia może być o 25-35% mniejsza niż przy ociepleniu wewnętrznym. Kolejną zaletą zewnętrznej izolacji termicznej jest zwiększenie pojemności cieplnej masywnej części ściany. Na przykład przy zewnętrznej izolacji termicznej ścian ceglanych, przy wyłączonym źródle ciepła, stygną one sześć razy wolniej niż ściany z wewnętrzną izolacją termiczną o tej samej grubości warstwy ocieplenia.

Drugim najważniejszym obszarem oszczędności energii w budynkach mieszkalnych jest wymiana przestarzałych okien i drzwi w budynkach. Okna pozostają najbardziej wrażliwym punktem w przegrodach budowlanych, pomimo ciągłych ulepszeń. W zwykłych drewnianych oknach z podwójnymi szybami, poprzez brak gęstości otaczających konstrukcji, powietrze z zewnątrz dostaje się do salonu w ilości, przy której połowa objętości pomieszczenia jest wymieniana w ciągu 1 godziny (współczynnik wymiany powietrza 0,5). Jednak z biegiem czasu w takich oknach mogą tworzyć się różne luki, powodując nadmierną infiltrację. Prowadzi to do wzrostu rocznych strat ciepła od 5,2 GJ przy wymianie powietrza 0,5 do 20,8 GJ przy podwójnej wymianie powietrza (dla mieszkania dwupokojowego). W efekcie do 40% ciepła ucieka z pomieszczeń przez okna w naszym kraju[4].

Obecnie nowoczesne konstrukcje okienne z trójwarstwowym przeszkleniem oferuje wiele firm krajowych i zagranicznych.

Ale takie okna zwiększają koszt budowy o około 8%, przeszklenia balkonów i loggii - o 3-5%. Należy również pamiętać, że montaż hermetycznych okien plastikowych w większości przypadków skutkuje naruszeniem wymiany powietrza w pomieszczeniach budynków, w których tradycyjnie projektuje się system wentylacji grawitacyjnej. Ze względu na zmniejszoną przepuszczalność powietrza ganków okien w oprawie plastikowej (oraz najnowszych typów okien w oprawie drewnianej) oraz wysoką szczelność przylegających okien do ścian dochodzi do niedostatecznej wymiany powietrza, a w efekcie do zwiększonej wilgotności powietrza w lokalu. Wzrost wilgotności powietrza w pomieszczeniu wymusza częste otwieranie nawiewników, co zmniejsza nieodłączny efekt podwyższenia właściwości termoizolacyjnych okien o 50-70%. Jednocześnie nowoczesne konstrukcje okienne wyposażone są już w regulowane urządzenia wentylacyjne (tłumiki, specjalnie rozmieszczone otwory w profilu okiennym, urządzenia uchylno-obrotowe, zatraski), które na życzenie klienta mogą zapewnić dowolną wentylację pomieszczenia. Użytkownik [5].

Tym samym wprowadzenie okien energooszczędnych bez konstruktywnego rozwiązania całego otworu okiennego, uwzględniającego konwekcję i organizację wymiany powietrza, często prowadzi do odwrotnego efektu, tj. i pogorszenie warunków życia. Rozwiązanie problemu odpowiedniej wymiany powietrza będzie wymagało zastosowania systemów wentylacji mechanicznej.

Większość budynków mieszkalnych posiada systemy wentylacyjne z naturalną cyrkulacją powietrza. Oznacza to, że jego ruch następuje w wyniku naturalnego ciągu wynikającego z różnicy ciśnień i temperatur. Jednocześnie powietrze zewnętrzne dostaje się przez otwarte okna pomieszczeń mieszkalnych i jest usuwane przez kratki wywiewne zainstalowane w kuchniach, łazienkach i toaletach. Zaletą systemów z ciągiem naturalnym jest to, że są tanie, nie generują hałasu i nie wymagają ponoszenia kosztów eksploatacji.

Do wad wentylacji grawitacyjnej należy zaliczyć fakt, że jest ona słabo zgodna z nowoczesnymi wymaganiami dotyczącymi oszczędności energii. Wiadomo, że od 30 do 75% ciepła opuszcza pomieszczenie wraz z powietrzem wentylacyjnym. Oszczędność energii byłaby najbardziej efektywna, gdyby wentylacja mogła pracować ze zmiennym przepływem powietrza, zgodnie z trybem pracy systemu grzewczego. Zorganizowanie takiej regulacji przy wentylacji grawitacyjnej jest prawie niemożliwe. W tym celu w mieszkaniach budynków mieszkalnych należy zastosować systemy wentylacji mechanicznej wywiewnej z dopływem powietrza naturalnego lub systemy wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej.

Układy wyciągowe mogą być centralne, ze wspólnym wentylatorem wyciągowym lub z indywidualnymi wentylatorami dla każdej kratki wentylacyjnej. Wyposażenie budynków mieszkalnych w systemy wentylacji nawiewnej występuje znacznie rzadziej niż w mechaniczne systemy wywiewne, ponieważ znacznie zwiększa to koszt projektu ze względu na koszt samego systemu. Zaletą mechanicznych systemów nawiewnych jest gwarantowana dostawa obliczonego strumienia powietrza nawiewanego do każdego mieszkania, możliwość odpylenia powietrza nawiewanego i ograniczenia chorób alergicznych, możliwość rozdziału powietrza wykluczającego podmuch niezależnie od panujących na zewnątrz warunków atmosferycznych. Obecnie ponad 80% europejskiego rynku w sektorze wentylacyjnym jest mocno utrzymywane przez monoblokowe centrale wentylacyjne.

Oprócz oszczędności kosztów energii dzięki wentylacji mechanicznej, można zaoszczędzić, ogrzewając powietrze nawiewane poprzez wymianę ciepła poprzez wymianę ciepła (rekuperacja). Rekuperatory składają się z rekuperacyjnych płytowych wymienników ciepła, w których ciepło jest przekazywane pomiędzy strumieniami powietrza o różnych temperaturach oddzielonymi metalowymi płytami. Powietrze wywiewane przechodzi przez co drugi kanał wymiennika ciepła i ogrzewa tworzące go płyty. Powietrze nawiewane przechodzi przez pozostałe kanały i nagrzewa się w kontakcie ze ściankami kanałów nagrzanymi powietrzem wywiewanym. Stopień sprawności rekuperatorów, w zależności od zasady ich działania, waha się w dość szerokim zakresie - od 40 do 80-85% [5].

Inne rozwiązanie wentylacji zastosowano przy budowie domów pasywnych energetycznie w Niemczech, gdzie oprócz konwencjonalnego wymiennika ciepła zainstalowano pod ziemią plastikowe rury doprowadzające powietrze. Umożliwiło to wstępne podgrzanie powietrza nawiewanego ciepłem ziemi w okresie zimowym. W ten sposób praktycznie hermetyczny „dom pasywny” ma stale duży dopływ świeżego powietrza przy prawie zerowym zużyciu energii.

Istnieje możliwość opracowania kierunku regulacji reżimu cieplnego dla poszczególnych pomieszczeń. Obecnie w nowym budownictwie obowiązkowe jest instalowanie termostatów przed każdym urządzeniem grzewczym. Choć rozwiązanie to wiąże się ze znacznymi kosztami (jeden termostat to koszt współmierny do konwektora, przed którym jest umieszczony), pozwala na zwiększenie komfortu i zmniejszenie zużycia ciepła do ogrzewania poprzez uwzględnienie zysków ciepła od promieniowania słonecznego oraz od domowe emisje ciepła.

Równoległe z termostatem na grzejniku montowany jest licznik ciepła, najczęściej wyparny, co pozwala najemcy płacić mniej za ogrzewanie w przypadku spadku zużycia ciepła.

W wielu budynkach mieszkalnych chłodziwo jest rozprowadzane nierównomiernie w całym budynku. Bardzo często jest gorąco na wyższych piętrach i w środku domu, a bardzo zimno w narożnych pokojach i na niższych piętrach. Aby rozwiązać ten problem, istnieją zawory równoważące, które pozwalają regulować ogrzewanie domu, czyniąc je zrównoważonym i jednolitym. Do wykonania przeciętnego typowego budynku mieszkalnego (około 80-100 mieszkań) wystarczy rozmieścić około 10 czujników wielkości pudełka zapalek w różnych miejscach, częściowo w mieszkaniach, częściowo w klapach wentylacyjnych, aby w pełni kontrolować parametry cieplne komfort w całym budynku.

Jednocześnie przy eksploatacji obudowy z takimi urządzeniami sterującymi należy pamiętać, że w jednorurowych instalacjach grzewczych z termostatami, gdy termostaty są zamknięte, temperatura wody powrotnej wzrasta (z powodu odpływu ciepłej wody poza urządzenie), w wyniku czego wzrasta temperatura wody w rurze zasilającej i odpowiednio wzrasta nieuregulowany transfer ciepła przez rurociągi pionów systemu grzewczego, co zmniejsza skuteczność automatycznej kontroli za pomocą termostatów.

W instalacjach dwururowych zamknięcie termostatów prowadzi do zmniejszenia przepływu wody krążącej w instalacji, ale przepływ wody sieciowej pozostaje niezmienny, co również prowadzi do wzrostu temperatury wody w rurze zasilającej system grzewczy i odpowiednio do nieuregulowanego przenoszenia ciepła z pionów.

Oczywiście, jeśli ten kierunek będzie rozwijany, pojawi się pytanie o możliwość wprowadzenia indywidualnej taryfikacji dostaw ciepła w budynkach mieszkalnych.

Ważnym obszarem oszczędzania energii jest organizacja rozliczania zużycia ciepła, energii elektrycznej i wody. Liczniki same w sobie niczego nie oszczędzają, ale mogą zachęcać do oszczędzania energii. Przy takim systemie rozliczeń producenci i dostawcy surowców odpisują konsumentom wszystko, co wyprodukowali, wraz z wyciekami i stratami ciepła podczas transportu. Przewrotność systemu polega na tym, że producenci zasobów nie są zainteresowani identyfikacją i eliminacją swoich strat i oczywiście będą przeciwni jakiegokolwiek systemowi pomiaru bezpośrednio u konsumenta [6].

Perspektywy wykorzystania technologii energooszczędnych Energochłonność w budownictwie. Stosowane obecnie konstrukcje prefabrykowane i budynki murowane o wysokości powyżej 5 kondygnacji są materiałochłonne i zużywają znaczną ilość zasobów energetycznych. Przechodząc do budowy budynków mieszkalnych nowej generacji, których projekty zostały opracowane przez naukowców, możliwe jest zmniejszenie ich specyficznego zużycia materiałów, a tym samym kosztów energii.

Obniżenie kosztów energii do produkcji materiałów budowlanych można osiągnąć poprzez następujące działania.

Obniżenie kosztów paliwa i energii w produkcji materiałów budowlanych można osiągnąć poprzez wprowadzenie nowych technologii, nowych urządzeń, jednostek termicznych.

Wiąże się to z dużymi inwestycjami kapitałowymi i powinno być rozwiązane z pomocą rządu.

Tak więc obecnie istnieje wiele rozwiązań technologicznych, które zapewniają wzrost efektywności energetycznej budynków mieszkalnych: ocieplenie elewacji, beton lekki, konstrukcje okienne, systemy wentylacji z odzyskiem ciepła, konstrukcje domów szerokokadłubowych, opomiarowanie i sterowanie ciepłem systemu itp.

Najważniejszym zadaniem jest stworzenie bazy norm budowlanych. Regulacje powinny być kształtowane długookresowo, dając uczestnikom rynku wytyczne na przyszłość, tworząc swego rodzaju korytarze technologiczne. Obok środków przymusu konieczne jest stworzenie systemu bodźców ekonomicznych zachęcających do wprowadzania energooszczędnych technologii: ulg podatkowych, dotacji, tworzenia stref efektywności energetycznej. Poważnych wysiłków ze strony państwa wymaga także rozwiązanie problemu kształtowania kwalifikowanych odbiorców energooszczędnych rozwiązań w budownictwie mieszkaniowym.

#### **Referenses**

1. Viazemskaja A.I. Energosberigauacie technologii w stroitelstwie [Budiwnuctwo ta neruchomost. № 48. 2015] (in Ukrainian).
2. Drapaluk M. V. Vpluv sposobu formuwannia betonnych konstrukcij na harakterustuku micnosti / Drapaluk M.V., Pulupenko. Kniv. № 36 2019 SS.- 42-45. (in Ukrainian).
3. Kirnev A.D., (2005). *Technologia vozvedenia zdanii i specialnuh sooruzheniy*. [Technology of erection of buildings and special constructions]. – Charkow: Fenics. 2018.– S. 247. (in Ukrainian).
4. Krarti, M., Dubey, K., & Howarth, N. (2019). Energy productivity analysis framework for buildings: a case study of GCC region. *Energy*, 167, 1251-1265. doi:10.1016/j., 2018.
5. Majcen, D., Itard, L., & Visscher, H. (2016). Actual heating energy savings in thermally renovated Dutch dwellings. *Energy Policy*, 97, 82-92. doi:10.1016/j.,2016.

#### **Література**

1. Вяземська А. Енергозберігаючі технології в будівництві // Будівництво та нерухомість, № 48. 2015- 218 с.
2. Драпалюк М.В. / Вплив способу формування бетонних конструкцій на характеристики міцності / М.В. Драпалюк, В.М. Пилипенко. Нові технології в будівництві, Київ. №36, 2019-42-45 с.
3. Кирнев А.Д. / *Технология возведений зданий и специальных сооружений/ А.Д. Кирнеев, Харьков, Феникс, 2018-247 с.*
4. Krarti, M. Energy productivity analysis framework for buildings: a case study of GCC region. *Energy*, 4. Krarti, M., Dubey, K., & Howarth, N. 167, 1251-1265. doi:10.1016/j., 2018.
5. Majcen, D., Itard, L., & Visscher, H. (2016). Actual heating energy savings in thermally renovated Dutch dwellings. *Energy Policy*, 97, 82-92. doi:10.1016/j., 2016.