ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: BUDOWNICTWO z.81 Nr kol. 1292

Henryk KRAUSE, Joanna DESZCZ

EFEKTYWNOŚĆ TERMORENOWACJI W BUDOWNICTWIE

Streszczenie. Przedstawiono zagadnienie termorenowacji budynku jako elementu energorenowacji gospodarki. Określono specyfikację zabiegów składających się na kompleksową termorenowację obiektów budowlanych. Opisano problematykę efektywności ekonomicznej na etapie przygotowania przedsięwzięć i po ich realizacji.

THE EFFECTIVENESS OF THE THERMO-RENOVATION OF BUILDINGS

Summary. The problem of thermo-renovation of buildings as the element of national economy energy--renovation is presented. The actions of complex thermo-renovation of building objects are specified. The problems of predicted and gained in practice economical effectiveness of thermo-renovation of buildings is described.

EFFEKTIVITÄT DER THERMOSANIERUNG IM BAUWESEN

Zusammenfassung. Es wurde das Problem der Thermosanierung eines Hauses, als ein Element der Energievesorgung der Wirtschaft vorgeschlagen. Auf Grund der Specifikation der Massnahmen wurde die komplexe Thermosanierung bestimmt. Es wurde die Problematik der ökonomischen Effektivität beschrieben.

1. WPROWADZENIE

Gospodarka komunalno–bytowa zużywa ponad 40% wytwarzanej w kraju energii cieplnej, a możliwości techniczne obniżenia obecnego poziomu zużycia szacowane są na poziomie 35 ÷ 45%. Oszczędność ta motywowana jest nie tylko względami ekonomicznymi, ale również ograniczeniem, negatywnej dla środowiska naturalnego, emisji zanieczyszczeń oraz składowania odpadów energetycznych, szczególnie istotnego dla naszego regionu.

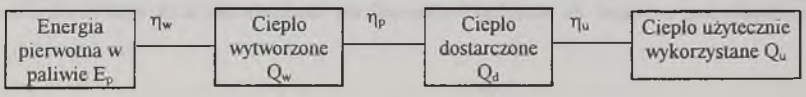
Zwiększenie oszczędności energii cieplnej wymaga prowadzenia powszechnej modernizacji cieplnej – termorenowacji. Postuluje się, aby potrzeby energetyczne nowego budownictwa pokrywać energią zaoszczędzoną w budynkach istniejących.

W odniesieniu do jednego mieszkańca i rocznego zużycia energii przybliżony bilans energetyczny przedstawia się następująco:

— ogrzewanie i wentylacja pomieszczeń	4,70 MWh — 65%
— ciepła woda użytkowa	1,40 MWh — 19%
— przygotowanie posiłków	0,25 MWh — 3,5%
— odbiory elektroenergetyczne	0,85 MWh — 12,5%
Ogółem:	7,20 MWh — 100%

Tak więc ogrzewanie pomieszczeń i przygotowanie c.w.u. stanowią ponad 80% rocznego zapotrzebowania na energię cieplną na jednego mieszkańca.

Ze względów ekonomicznych zagadnienie gospodarki energetycznej, której użytkownikiem jest mieszkaniec, powinno być rozpatrywane w całym ciągu przemian związanych z wytwarzaniem, przesyłaniem i wytwarzaniem energii. Schemat blokowy tego ciągu przedstawiono na rysunku 1 [5].



Rys.1. Składowe ogniwa systemu ciepłowniczego oraz ich sprawności
Fig.1. Heat engineering system components and its thermal efficiences

Ilość energii pierwotnej E_p, która musi być doprowadzona do źródła ciepła, określona jest zależnością:

$$E_p = \frac{Q_u}{\eta_w \eta_p \eta_u} = \frac{Q_u}{\eta_s} \tag{1}$$

gdzie:

Q_u — ilość ciepła wykorzystana przez odbiorcę,

η_w — sprawność wytwarzania ciepła,

η_p — sprawność przesyłania ciepła,

η_u — sprawność wykorzystania ciepła,

η_s — ogólna sprawność wykorzystania energii.

W tablicy 1 zestawiono średnie wartości sprawności poszczególnych elementów ogniw systemu związanego z wykorzystaniem energii cieplnej w porównaniu z rozwiniętymi państwami europejskimi [5].

Tablica 1

Kraj	Średnie sprawności ogniw systemu ciepłowniczego w Polsce i krajach rozwiniętych			
	sprawność wytwarzania η_w %	sprawność przesyłania η_p %	sprawność wykorzystania η_u %	sprawność ogólna η_s %
Polska	77	85	50	32,7
Kraje rozwinięte	90	95	90	77,0
Różnica	-13	-10	-40	-44,3

Z danych wynika, że sprawność ogólna systemów ciepłowniczych w kraju jest około dwukrotnie niższa aniżeli w krajach rozwiniętych, przy czym ekstremalna rozbieżność dotyczy sprawności wykorzystania energii w obiektach budowlanych η_u . Pamiętając, że około 80% tej energii zużywane jest na cele ogrzewania, wnioskować należy, że te właśnie dziedziny są potencjalnie najbardziej efektywnymi kierunkami działań zmierzających do oszczędności energii. Wśród nich zasadnicze znaczenie ma termorenowacja.

2. ZAKRES TERMORENOWACJI

Stosowane aktualnie zabiegi termorenowacyjne w budownictwie są poszerzeniem działań związanych z likwidacją przemarzań czy też usuwaniem wad technologicznych budownictwa uprzemysłowionego. Kompleksowa termorenowacja obiektów budowlanych obejmuje termorenowację przegród ograniczających ogrzewaną przestrzeń, modernizację instalacji wewnętrznych i ewentualnie zmiany zagospodarowania przestrzeni wokół budynku. Szczegółowy zakres kompleksowej termorenowacji przedstawiono w tabeli 2 [4]:

Tabela 2

Lp.	Rodzaj elementu	Cel zabiegu	Sposób realizacji
1	Sciany zewnętrzne	Zwiększenie izolacyjności termicznej i likwidacja mostków cieplnych	Ocieplenie dodatkową warstwą izolacji termicznej
2	Stropodachy i stropy poddasza	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Ocieplenie dodatkową warstwą izolacji termicznej
3	Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i podłogi parteru w budynkach niepodpiwniczonych	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Ocieplenie dodatkową warstwą izolacji termicznej.
4	Okna i świetliki dachowe	Zmniejszenie nie kontrolowanej infiltracji	Uszczelnienie
5	Okna i świetliki dachowe	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Dodatkowa warstwa szkła lub folii, zastosowanie szyb ze szkła specjalnego lub wymiana okien
6	Okna i świetliki dachowe	Zmniejszenie powierzchni [przegród zew. o wysokich stratach ciepła	Częściowa zabudowa otworów okiennych
7	Okna i świetliki dachowe	Okresowe zmniejszenie strat ciepła	Okiennice, żaluzje, zasłony

8	Drzwi zewnętrzne	Zmniejszenie nie kontrolowanej infiltracji	Uszczelnienie
9	Drzwi zewnętrzne	Ograniczenie strat użytkowych	Zasłony, automatyczne zamykanie, przedsionki
10	Drzwi zewnętrzne	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Ocieplenie lub wymiana
11	Loggie, tarasy, balkony	Utworzenie przestrzeni izolujących	Obudowa (cieplarnie)
12	Instalacje wentylacyjne	Zapewnienie właściwego strumienia powietrza	Regulowane nawiewniki, ewent. wentylacja mechaniczna
13	Wewnętrzne instalacje ogrzewcze	Indywidualne rozliczenia za zużytą energię cieplną	Liczniki ciepła w węzłach cieplnych, wodomierze c.w.u., wymiana zaworów grzejnikowych na termostatyczne, montaż grzejnikowych podzielników kosztów
14	Wewnętrzne instalacje grzewcze	Ograniczenie strat ciepła	Instalacja hermetyczna, automatyczne zawory odpowietrzające, zamknięte naczynia wzbiorcze wraz z zaworami bezpieczeństwa, stosowanie rur preizolowanych
15	Otoczenie budynku	Zmniejszenie oddziaływań klimatycznych	Osłony przeciwwiatrowe (ekrany), roślinność ochronna.

Przedsięwzięcia termorenowacyjne obejmować mogą wybrane zabiegi modernizacyjne lub mieć charakter kompleksowy. Dążąc do możliwie najlepszego wykorzystania ograniczonych

środków finansowych, należy przyjąć odpowiedni zakres rzeczowy lub kolejność etapów termorenowacji. Decyzje te należy podejmować na podstawie oceny efektywności ekonomicznej.

3. EFEKTYWNOŚĆ TERMORENOWACJI NA ETAPIE PRZYGOTOWANIA PRZEDSIĘWZIĘĆ

Podejmując inicjatywę termorenowacji inwestor musi być przekonany o korzyściach, jakie osiągnie w jej rezultacie. Korzyści te najczęściej identyfikowane są jako różnica

$$\sum K_O - \left(\sum K_{OT} + \sum I_T\right) \tag{2}$$

gdzie:

ΣK_O - suma kosztów ogrzewania budynku nie poddanego termorenowacji w przyjętym okresie eksploatacji t,

ΣK_{OT} - suma kosztów ogrzewania budynku po termorenowacji w okresie jw.

ΣI_T - wartość nakładów inwestycyjnych na termorenowację budynku.

(Ponieważ decyzje inwestycyjne dotyczą zazwyczaj długich okresów w obliczeniach, należy stosować technikę dyskonta).

Ocena efektywności ekonomicznej termorenowacji, uwzględniająca jedynie efekt w postaci oszczędności energii niezbędnej do ogrzewania budynku, jest znacznym uproszczeniem, powodującym zniekształcenie informacji, na bazie których podejmowane są decyzje o realizacji przedsięwzięcia. Identyfikacja efektów tego rodzaju przedsięwzięć powinna obejmować, oprócz ww. efektu celowego także zmiany pozostałych kosztów eksploatacji budynku wywołane zabiegami termorenowacyjnymi. Chodzi tu o zmiany kosztów i terminów konserwacji, remontów i wymiany tych elementów budynku, które zostały zmodernizowane lub wymienione w ramach termorenowacji.

$$\sum K_E - \left(\sum K_{ET} + \sum I_T\right) \tag{3}$$

gdzie:

ΣK_{ET} – suma przewidywanych w założonym okresie eksploatacji dla obiektu poddanego termorenowacji kosztów ogrzewania oraz konserwacji, remontów i wymiany tych elementów obiektu, które zostaną zmodernizowane w ramach termorenowacji,

ΣK_E – suma przewidywanych kosztów jw. dla budynku nie poddanego termorenowacji,

ΣI_T – wartość nakładów na termorenowację budynku.

W indywidualnych przypadkach w rachunku efektywności może zaistnieć potrzeba uwzględnienia pozostałych efektów, takich jak zmiany oddziaływania na środowisko czy podwyższenie wartości rynkowej budynku związane z poprawą stanu technicznego.

4. WSKAŹNIKI OCENY EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ

Problem oceny ekonomicznej efektywności termorenowacji budynków powstał wraz z potrzebą pozyskiwania środków na sfinansowanie tych przedsięwzięć. Zgodnie z przyjętymi w ostatnich latach standardami, do oceny efektywności ekonomicznej wykorzystuje się wskaźniki, takie jak:

1) prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych (SPBT) - jest to czas, jaki musi upłynąć od momentu poniesienia początkowych nakładów inwestycyjnych do chwili ich odzyskania przez osiągane w kolejnych latach eksploatacji nadwyżki finansowe.

W aspekcie wcześniejszych rozważań dotyczących identyfikacji efektów termorenowacji wartość SPBT określa się wzorem:

$$SPBT = \frac{\sum I_T}{\sum K_E - \left(\sum K_{ET} + \sum I_T\right)} \tag{4}$$

2) prosta stopa zwrotu (SRR) - określa stosunek rocznej nadwyżki finansowej (zysku), w kolejnych latach eksploatacji, do wartości nakładów inwestycyjnych. Dla przyjętych założeń wartość SRR określa się wzorem:

$$SRR = \frac{\dfrac{\sum K_E - \left(\sum K_{ET} + \sum I_T\right)}{t}}{\sum I_T} \tag{5}$$

3) wskaźnik wartości aktualnej netto (NPVR) – jest to stosunek sumy zdyskontowanych przepływów pieniężnych netto (NCF), zrealizowanych w całym okresie objętym rachunkiem, do zaktualizowanej wartości nakładów inwestycyjnych.

$$NPVR = \frac{\sum_{i=1}^{t} a_i NCF_i}{\sum_{i=1}^{t} a_i I_{Ti}} \tag{6}$$

Dla rozpatrywanych zagadnień wartość NCF w okresie i (rok, kwartał, miesiąc itd.) określa wzór:

$$NCF_i = \left(K_{Ei} - K_{ETi}\right) \cdot a_i - I_{Ti} \cdot a_i \tag{7}$$

gdzie:

a_i – współczynnik dyskontowy

$a_i = (1+r)^{-i}$

r – stopa dyskonta

4) wewnętrzna stopa zwrotu IRR – jest to stopa procentowa, przy której wartość zaktualizowana netto ocenianego przedsięwzięcia jest równa zero. Warunek ten jest równoznaczny ze spełnieniem równania:

$$\sum_{i=1}^{t} \left(K_{Ei} - K_{ETi}\right) \cdot a_i = \sum_{i=1}^{t} I_{Ti} \cdot a_i \tag{8}$$

Zastosowanie w ocenie efektywności wybranego wskaźnika zależy od wymagań podmiotu finansującego przedsięwzięcie. Proste metody określone w pkt. 1 i 2 stosowane są dla niewielkich przedsięwzięć. Przy znacznych nakładach inwestycyjnych I_T stosuje się metody dyskontowe, głównie metodę NPV. Jeżeli:

NPV < 0 przedsięwzięcie przyniesie straty,

NPV = 0 efekty zbilansują się z nakładami,

NPV > 0 przedsięwzięcie przyniesie zyski.

5. RZECZYWISTA EFEKTYWNOŚĆ TERMORENOWACJI

Rzeczywista efektywność termorenowacji, oceniana na podstawie faktycznych efektów i poniesionych nakładów często różni się od planowanej. W przedsięwzięciach termorenowacyjnych przyczynami tej rozbieżności mogą być:

– błędne oszacowanie spodziewanych efektów na etapie planowania,
– nieprecyzyjne określenie nakładów rzeczowych i ich wycena,
– pominięcie (całkowite lub częściowe) czynników ryzyka w planowaniu działań,
– niezgodność przebiegu realizacji z planem w aspekcie:
  a) zakresu rzeczowego przedsięwzięcia,
  b) jakości zastosowanych materiałów i urządzeń,
  c) warunków wykonania i odbioru robót,
  d) terminów realizacji
– zmiany warunków eksploatacji obiektu,
– inne, nie dające się przewidzieć na etapie planowania, okoliczności.

Wśród ww. czynników mających wpływ na ewentualne różnice między planowaną a rzeczywistą efektywnością termorenowacji największe zagrożenie wydają się stwarzać: jakość wbudowanych materiałów i urządzeń oraz jakość robót budowlanych i instalacyjnych. Stąd konieczność skoncentrowania wysiłków organizacyjnych i nadzoru inwestora na tych problemach w fazie realizacji przedsięwzięcia.

6. PODSUMOWANIE

Termorenowacja obiektów budowlanych może mieć charakter kompleksowy realizowany w jednym etapie, kompleksowy-wieloetapowy lub obejmować wybrane działania modernizacyjne. Decyzje o zakresie rzeczowym przedsięwzięcia, ewentualnym podziale na etapy realizacji i ich kolejności, powinny być podejmowane na podstawie oceny efektywności ekonomicznej. Efektywność tę ocenić można, wykorzystując, odpowiednie do wymagań podmiotu finansującego przedsięwzięcie, wskaźniki, takie jak prosty okres zwrotu SPBT, prosta stopa zwrotu SRR, wskaźnik wartości aktualnej netto NPVR, wewnętrzna stopa zwrotu

IRR. Rzeczywista efektywność termorenowacji zależy od poprawnego techniczno-ekonomicznego przygotowania przedsięwzięcia i realizacji zgodnej z planem, szczególnie w zakresie jakości stosowanych materiałów i robót.

LITERATURA

1. Behrens W., Hawranek P.M.: Poradnik przygotowania przemysłowych studiów feasibility, UNIDO, Warszawa 1993.
2. Boudelle M. i inni, Koncepcja energetyczno–budowlana budynku eksperymentalnego WE–1, Wydawnictwa ITB, Warszawa 1987.
3. Nehrebecki A., Ciepłownictwo – Polityka energetyczna miasta/gminy, Fundusz Współpracy, Warszawa 1994.
4. Robakiewicz M., Ekonomika termorenowacji budynków, Budownictwo i Gospodarka Miejska 7/94.
5.. Rubik M., Ciepłownictwo – Źródła Ciepła, Fundusz Współpracy, Warszawa 1993.
6. Materiały seminaryjne pt. „Docieplanie ścian i opomiarowanie w spółdzielczym budownictwie mieszkaniowym", PZITB Katowice, Urząd Wojewódzki w Katowicach

Recenzent: Prof. dr hab. Henryk Walica

Wpłynęło do Redakcji: 15.05.1995 r.

Abstract

Thermo-renovation of .building objects can be realised in several forms i.e. complex realisation in one stage, complex multistage realisation, realisation of particular refurbishment tasks. Decisions should be undertaken basing on the economical effectiveness of selected actions regarding potential stage parting and sequence of stages.

The assessment of economical effectiveness can use the several factors i.e. time of return, simple rate of return, net present value factor, internal rate of return. The real effectiveness of thermo-renovation depends on proper technical & economical preparation of project, performing close to the project requirements specially from the quality of materials and labour standards.