BUDOWNICTWO
CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
CIVIL ENGINEERING
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
2-B/2012
ZESZYT 3
ROK 109
ISSUE 3
YEAR 109

ANTONI MALINOWSKI, WŁODZIMIERZ TURKOWSKI,
ANDRZEJ MUZYCZAK*

STOSOWANIE KOMPLEKSÓW PROGRAMOWYCH DO PLANOWANIA ENERGETYCZNEGO W MIASTACH UKRAINY

APPLICATION OF SOFTWARE FOR ENERGY PLANNING IN TOWNS OF UKRAINE

Streszczenie

W planowaniu energetycznym miast znaczną uwagę poświęca się poprawie efektywności funkcjonowania miejskich systemów ciepłowniczych oraz ich rozwojowi. Zmniejszenie wydatków energetycznych i finansowych systemów ciepłowniczych i zapewnienie wyższej jakości świadczonych usług w warunkach Ukrainy związane jest przyłączeniem sieci budynkowych za pośrednictwem węzłów cieplnych. Optymalizacja procesów modernizacyjnych jest z kolei połączona z pojęciem promienia hydraulicznego sieci cieplnych oraz z opracowywaniem racjonalnych stanów hydraulicznych i cieplnych.

Słowa kluczowe: planowanie miejskie energetyczne, sieci cieplne, stany hydrauliczne

Abstract

In municipal energy planning the considerable attention is taken away to effectivizate of heat supply systems and their development. Minimization of energy both financial expenses of factories and improving of quality of supply by heat of consumers in the conditions of Ukraine are connected with modernization of thermal entries and transition to the independent install of consumers. Optimization of process of modernization is attached with concept of a hydraulic radius of a network and with working out rational hydraulic and a thermal regimes of networks.

Keywords: municipal energy planning, heat networks, hydraulic regimes

* Prof. dr. hab. inż. Antoni Malinowski, doc. dr inż. Włodzimierz Turkowski, mgr inż. Andrzej Muzyczak, Katedra Zasilania Elektrycznego, Politechnika Lwowska.

1. Wstęp

Dla większości państw członkowskich Unii Europejskiej efektywność energetyczna jest jednym z zadeklarowanych celów gospodarczych. Potrzeba opracowania przez państwa członkowskie UE krajowych planów energetycznych jest dziś uzupełniana o opracowania takich planów także na szczeblu lokalnym.

W ramach wspieranego przez Komisję Europejską projektu «Model» (2007 – 2010) Centrum efektywności energetycznej EnEffekt opracował Wspólną Metodologię Planowania energetycznego w miastach i gminach, przeznaczoną do zastosowania w nowych państwach członkowskich UE. Wspólna metodologia oparta jest na doświadczeniach realizacji w latach 1998 – 2004 bułgarskiego projektu o podobnym charakterze [1]. Miało to miejsce w czasie, gdy kwestia ta nie była jeszcze regulowana prawem krajowym. Powstała metodologia bazuje też na doświadczeniach kilku państw rozwiniętych oraz państw znajdujących się w fazie transformacji. Metodologia została przetestowana w 43 miastach pilotażowych, w wyniku czego była zmodyfikowana i uzupełniona [2].

Wspólna metodologia zawiera podstawowe zasady procesu planowania energetycznego na szczeblu lokalnym, lecz jednocześnie daje spore możliwości modyfikacji i uzupełnień w celu dostosowania jej do warunków miejscowych.

2. Analiza

Na Ukrainie wspólna metodologia nadeszła w ramach projektu «Reforma miejskich systemów ciepłowniczych» przy wsparciu Agencji USA do spraw współpracy międzynarodowej USAID. Najpierw została ona przetestowana w 5 miastach pilotażowych (Lwów, Mirgorod, Kramatorsk, Luck, Eupatoria), a następnie jeszcze w 15 miastach. W Ukrainie Zachodniej to miasta Czerniowce i Iwano-Frankowsk.

Miejski program energetyczny jest skierowany na rozwój i podwyższenie efektywności wszystkich energetycznych składowych systemów zapewnienia warunków życia miasta, a mianowicie systemów: ciepłowniczego, wodociągowego, gazociągowego, oświetlenia ulicznego oraz transportu. Jednak obiektem kluczowym jest miejski system ciepłowniczy, który składa się ze źródeł ciepła i sieci cieplnych oraz głównych odbiorców – budynków mieszkalnych, centrów administracyjnych, szkół, zakładów medycznych i opieki społecznej.

Miasta na Ukrainie różnią się od miast Wspólnoty Europejskiej. Główne różnice to:

- ogólnoeuropejskie dyrektywy (Dyrektywa UE dotycząca charakterystyk energetycznych budynków «European Performance of Buildings Directive»), które na Ukrainie praktycznie nie obowiązują;
- monopaliwowy bilans i całkowita zależność od importowanego gazu ziemnego, co zagraża bezpieczeństwu energetycznemu i finansowemu zarówno miast, jak i całego państwa;
- «krzyżowe subsydiowanie»[1], które stwarza *apriori* niewygodne warunki dla systemów scentralizowanego ogrzewania stosownie do systemów ogrzewania indywidualnego.

Te czynniki uwarunkowały znaczne odmienności w formułowaniu celów planowania energetycznego na Ukrainie od przyjętych we Wspólnej Metodologii.

[1] Obniżenie taryfy na usługi energetyczne dla ludności kosztem innych branży gospodarki.

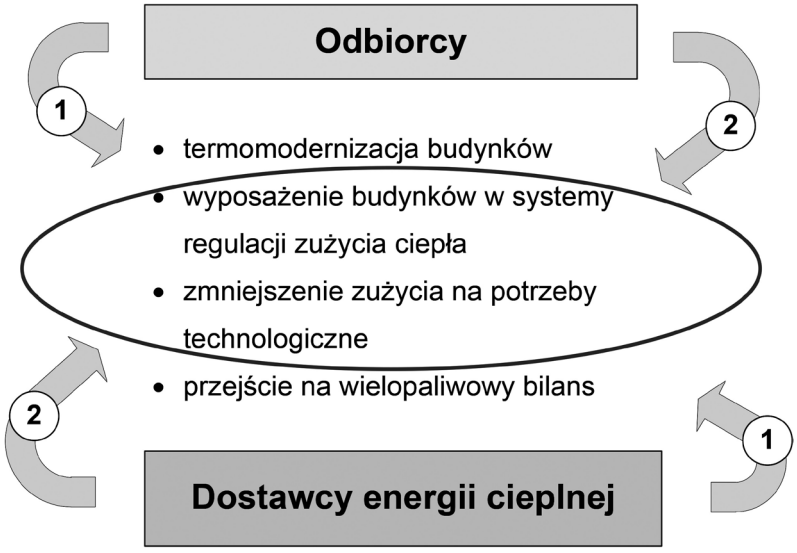
Ważnym krokiem fazy przygotowawczej w opracowaniu miejskiego programu energetycznego jest utworzenie i rozwój Miejskiego Energetycznego Systemu Informacyjnego (MESI) [3]. Ponieważ możliwości MESI [3] nie całkiem odpowiadały warunkom Ukrainy, program został uzupełniony o nowe, kompleksowe rozwiązania autorów, takie jak „Zapotrzebowanie cieplne", „Energoefektywny budynek" i „Stan hydrauliczny" [4, 5].

Przed ukraińskimi miastami stoją cztery główne cele:

– termomodernizacja budynków publicznych i mieszkalnych – pozwoli to zmniejszyć zużycie ciepła i zabezpieczyć komfortowe warunki w pomieszczeniach z jednoczesną redukcją wydatków mieszkańców (nawet przy prognozowanym wzroście taryf na energię cieplną);
– przejście na przyłączenie do sieci cieplnych z zainstalowaniem w budynkach węzłów cieplnych – to pozwoli przejść od normowanego zużycia ciepła (podtrzymanie w pomieszczeniach stałej temperatury) do zabezpieczenia ich potrzeb (zapewnienie pożądanego komfortu);
– zmniejszenie zużycia zasobów energetycznych na technologiczne potrzeby miejskich systemów cieplnych – to pozwoli zmniejszyć nieproduktywne wydatki i konkurować z systemami ogrzewania indywidualnego;
– przejście od monopaliwowego (na gazie ziemnym) bilansu miejskich systemów cieplnych na wielopaliwowy – to pozwoli zwiększyć bezpieczenstwo energetyczne miast i zapewnić ich finansową niepodległość.

Wymienione cele mają różny priorytet w zależności od odbiorców energii cieplnej i od przedsiębiorstw dostarczających ciepło (rys. 1).

Pierwszym priorytetem dla odbiorców jest termomodernizacja budynków, a dla dostawców ciepła – przejście do wielopaliwowego bilansu, drugim priorytetem – odpowiednio wyposażenie w systemy regulacji i zmniejszenia zużycia na potrzeby technologiczne.



Rys. 1. Priorytety w systemie miejskiego planowania energetycznego na Ukrainie

Fig. 1. Priorities in system of municipal energy planning in Ukraine

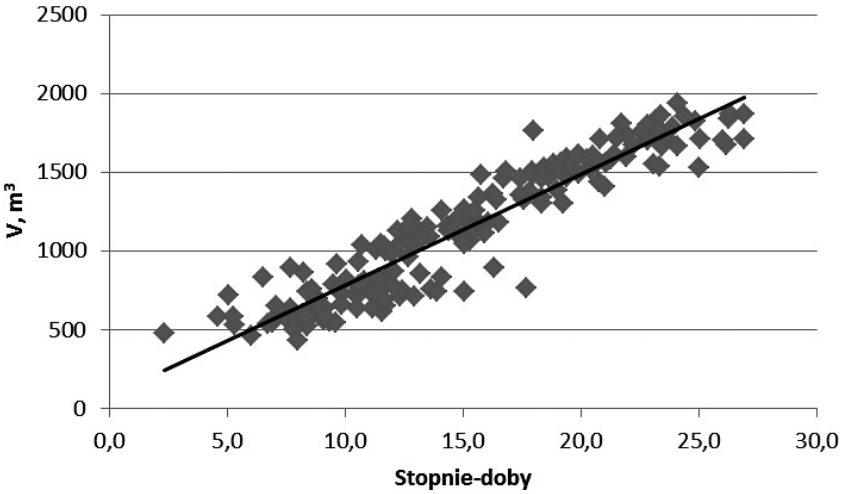
Istotne zmniejszenie zużycia energii cieplnej (a więc i wydatków) można uzyskać przez dokładne ocieplenie budynków. Dzisiaj na Ukrainie przeciętne roczne zużycie zasobów energetycznych w budynkach masowej zabudowy wynosi 250 – 350 kWh/m^2, co odpowiada klasie M czy N europejskej skali klasyfikacji. Gdyby zmniejszyć zużycie chociażby do klasy E czy F (91 - 120 kWh/m^2), oszczędność wyniesie około 60 – 70%. Taki cel jest bardzo atrakcyjny dla miasta, ponieważ koszty, które kilkukrotnie przekraczają budżet miasta [6], nie opuszczają terytorium miasta, zatem można je przeznaczyć na zaspokojenie innych potrzeb mieszkańców. Jednocześnie znaczne zmniejszenie zużycia energii w budynkach istotnie wpłynie na warunki funkcjonowania przedsiębiorstw – dostawców ciepła. To uwarunkuje nadmiar mocy generującej zródeł ciepła i zmianę stanów sieci cieplnych.

Brak wiarygodnych danych odnośnie do obciążenia cieplnego determinuje nieoptymalne robocze stany urządzenia systemów cieplnych. Skutkiem tego są zawyżone temperatury u jednych odbiorców i zaniżone w innych. To warunkuje również ponadnormatywne zużycie paliwa w kotłowniach i energii elektrycznej na transportowanie nosiciela ciepła.

Na rysunku 2 przytoczono zbiór wartości dobowego zużycia gazu kotłowni osiedla w funkcji zewnętrznej temperatury (stopnie-doby) i standardową linię regresji.

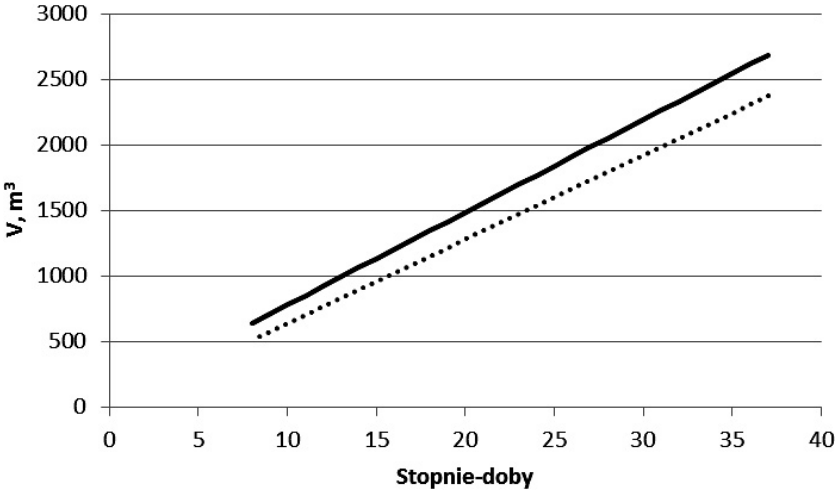
Proces spalania paliwa w kotłowni jest kierowany ręcznie i, jak widać z rys. 2, zużycie paliwa nie zawsze odpowiada liczbie stopni-dób. Jednak jest i inny problem, który polega na tym, że standardowa linia regresji nie odpowiada realnemu cieplnemu obciążeniu, a przedsiębiorstwa dostarczające ciepło nie mają wypracowanych instrumentów do wykonania takiego porównania.

Obliczanie obciążenia cieplnego trzeba wykonywać dla każdego budynku z uwzględnieniem odłączenia od systemu scentralizowanego oddzielnych jego pomieszczeń i odchylenia warunków cieplnych pomieszczeń od normatywnych. Tu pomocne jest stosowanie



Rys. 2. Zbiór wartości dobowego zużycia gazu kotłowni osiedla w funkcji stopnie-doby i standardowa linia regresji

Fig. 2. Assemblage of daily expenses of gas of a microdistrict boiler-house as degree-days and a standard line regression



Rys. 3. Standardowa linia regresji (linia ciągła) i wydatki paliwa za obliczonym obciążeniem cieplnym (linia kreskowa)

Fig. 3. Standard line regressions (full line) and gas-fuel expenses behind the counted thermal load (a shaped line)

programu „Zapotrzebowanie cieplne" [4] oraz programu „Energoefektywny budynek", jeżeli budynek został zmodernizowany od czasu budowy.

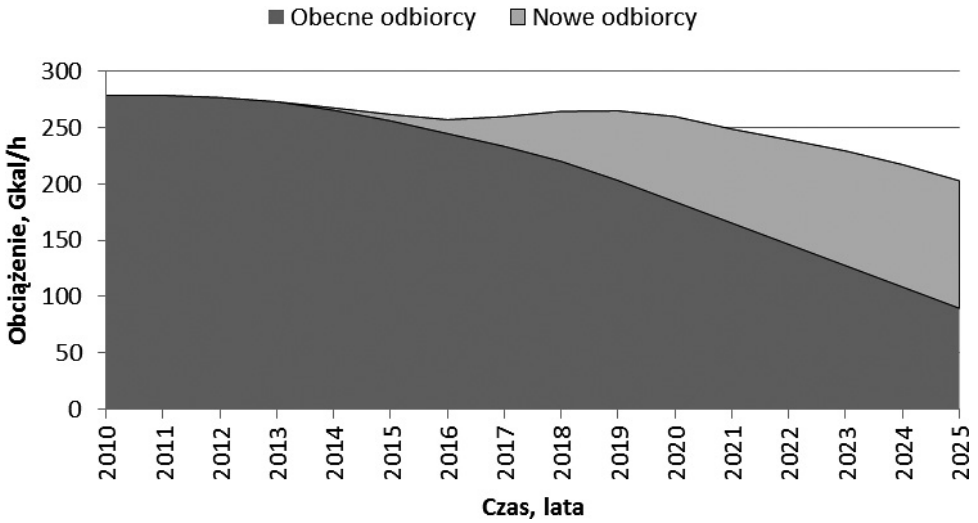
Na rysunku 3 pokazano wyniki porównania standardowej linii regresji (z rys. 2) i linii zapotrzebowania na paliwo za aktualizowanym obliczonym obciążeniem (z uwzględnieniem strat energii cieplnej w sieci i sprawności wyposażenia kotłowni).

Faktyczne wydatki paliwa nie odpowiadają obliczonemu obciążeniu cieplnemu. W zależności od liczby stopni-dób zużycie ponadnormowe gazu ziemnego mieści się w granicach 11–20%.

Wyznaczenie aktualnego realnego cieplnego obciążenia jest pierwszym i niezbędnym krokiem w celu osiągnięcia poprawy skuteczności pracy miejskich systemów cieplnych. Programy „Zapotrzebowanie cieplne" i „Energoefektywny budynek" tylko pokazują potencjał oszczędności dostawczych systemów cieplnych, jednak nie są instrumentami do jego osiągnięcia. Efektywna praca systemów dostawczych ciepła jest możliwa tylko po naprawie stanu hydraulicznego sieci cieplnej.

Efektywne hydrauliczne (a więc i cieplne) stany można osiągnąć tylko za pomocą specjalistycznego oprogramowania, które bazuje na metodach teorii obwodów hydraulicznych [7]. Autorzy wykorzystali program „Stany hydrauliczne" [5, 8], za pomocą którego można analizować stany hydrauliczne sieci cieplnej i odbiorców oraz uzgadniać je między sobą.

W długoterminowym planowaniu należy uwzględnić prognozowaną zmianę obciążenia cieplnego do oceny perspektyw rozwoju źródeł ciepła systemów. Na rys. 4 pokazano wariant zmiany obciążenia cieplnego (prognozę dokonano za pomocą programu „Zapotrzebowanie cieplne") dla różnych hipotez rozwoju sytuacji, mianowicie: zmniejszenie obciążenia cieplnego istniejących odbiorców wskutek przeprowadzenia termomodernizacji budynków oraz przyłączenia nowych budowli w wypadku korzystnej taryfy na energię cieplną.



Rys. 4. Prognozowane zmiany obciążenia źródła ciepła

Fig. 4. Predicted changes of a load of heat supply

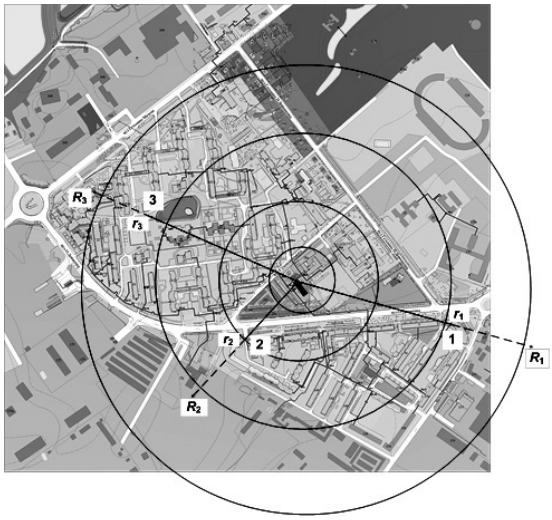
Wstrzymanie ostrego spadku obciążenia cieplnego i przyłączenie nowych odbiorców możliwe jest tylko w przypadku rezygnacji z krzyżowego subsydiowania. W razie utrzymania krzyżowego subsydiowania tylko przejście do multipaliwowego bilansu energetycznego pozwoli zwolnić (czy nawet zatrzymać) wzrost taryfy na energię cieplną i wstrzymać chaotyczne odłączenia odbiorców od systemów scentralizowanych, co pozwoli pomyślnie rozwijać się w przyszłości.

Innym ważnym kierunkiem dalszego rozwoju cieplnych systemów scentralizowanych, jest instalowanie środków regulacji zużycia energii cieplnej po stronie odbiorców. Instalowanie środków regulacji jest związane z odmową od hydroelewatorów i wdrożeniem węzłów cieplnych z wymiennikami ciepła lub ze zmieszaniem pompowym.

Węzeł ze zmieszaniem pompowym jest tańszy, jednak węzeł z wymiennikami ciepła pozwala rozdzielić sieci cieplne dostawcze i sieci budynkowe, czym są zainteresowane przedsiębiorstwa dostawcze. To przedsięwzięcie poprawi również jakość nośnika ciepła sieci. Rezygnacja z hydroelewatorów pozwala również zmniejszyć ciśnienie w sieci cieplnej, co podniesie niezawodność systemu centralnego ogrzewania w ogóle. Jednak do osiągnięcia tego potrzebne jest nastawienie hydraulicznych stanów i optymalizacja pracy pomp cyrkulacyjnych.

Zainstalowanie węzłów cieplnych w ciągu jednego letniego sezonu jest niemożliwe i dlatego będzie przeprowadzane etapami. Jeśli te prace będą wykonywane systemowo, to honorarium od zainstalowanych węzłów cieplnych przedsiębiorstwo dostawcze otrzyma nie tylko po pełnym zakończeniu prac, lecz także po wykonaniu każdego etapu. Dlatego instalowanie węzłów musi być przeprowadzane jednocześnie u odbiorców równoodległych od centrum zasilania w sensie hydraulicznym.

Na rysunku 5 pokazano plan sieci cieplnej kotłowni osiedla, na którym naniesiono koła hydraulicznej odległości odbiorców. Obliczenie stanów i promieni hydraulicznych dokonano za pomocą programowego kompleksu Stan hydrauliczny. Przykładowo, odbiorcy 1, 2,



Ryc. 5. Odległości i pierścienie hydrauliczne odbiorców kotłowni

Fig. 5. Hydraulic remoteness and rings of consumers of a boiler-house

i 3 znajdują się w faktycznych (geometrycznych) odległościach od centrum zasilania odpowiednio r_1, r_2 i r_3, a w odległościach hydraulicznych – R_1, R_2 i R_3.

Po zainstalowaniu węzłów cieplnych u najbardziej hydraulicznie odległych odbiorców (rys. 5) przedsiębiorstwo może obniżyć napór na wyjściu z kotłowni i, odpowiednio, zmniejszyć koszty energii elektrycznej na transportowanie nośnika ciepła. Następne etapy rekonstruowania będą przeprowadzone analogicznie i zapewnią korzyści zarówno dla odbiorców, jak i dla przedsiębiorstwa ciepłoenergetycznego.

Instalowanie węzłów cieplnych w czasie letniej przerwy w ogrzewaniu powinno odbywać się u odbiorców rozmieszczonych w granicach jednego pierścienia. Tylko po pełnej zamianie węzłów u odbiorców zewnętrznego pierścienia warto przejść do modernizacji przyłączeń odbiorców znajdujących się w pierścieniu wewnętrznym. To pozwala otrzymać maksymalną korzyść dla przedsiębiorstwa ciepłowniczego.

3. Wnioski

Planowanie dalszego rozwoju energetyki miejskiej we współczesnych warunkach niemożliwe bez wykorzystania komputerowej techniki i specjalistycznego oprogramowania. Centralnym instrumentem wspólnej metodologii planowania energetycznego jest miejski energetyczny system informacyjny. Jednak ten programowy produkt nie całkiem pasuje do zadań, które stoją przed ukraińskimi miastami. Dopełnienie go programowymi kompleksami Zapotrzebowanie cieplne, Energoefektywny budynek i Stan hydrauliczny pozwalają rozwiązywać znacznie szersze spektrum zadań. To stwarza możliwość planowania rozwoju energetyki miejskiej, a zwłaszcza przedsiębiorstw ciepłowniczych na kilka lat naprzód i otrzymywać od maksymalne dywidendy dla indywidualnych odbiorców i całego miasta.

Literatura

[1] *Municipal energy planning – guide for municipal decision-makers and experts*, EnEffect, Sofia 2004, 98.

[2] Genchev Z., Manchev P., Nakova K., Dukov D., P*lanowanie energetyczne w miastach i gminach. Wspólna metodologia*, Agencja Reklamowo-Wydawnicza „Ostoja", 2010, 84.

[3] *Информационная система энергопотребления в муниципалитетах, руководство для пользователей*, 24.

[4] Malinowski A., Turkowski W., Muzyczak A., *Komputerowe wspomaganie racjonalizacji systemów ogrzewania budynków mieszkalnych*, Międzynarodowe seminarium Energodom 2006, część II, 443-450.

[5] Malinowski A., Turkowski W., Muzyczak A., Greczyn T., *Komputerowe wspomaganie audytingu energetycznego miejskich systemów ciepłowniczych*, Międzynarodowe seminarium naukowo-techniczne Energodom 2008, 321-329.

[6] *Програма сталого енергетичного розвитку міста Львова до 2020 року*, Затверджено ухвалою сесії Львівської міської ради №663 від, 14.07.2011, 106.

[7] Меренков А.П., Хасилев В.Я., *Теория гидравлических цепей*, М.: Наука, 1985, 279.

[8] Malinowski A., Turkowski W., Muzyczak A., *Analiza stanów hydraulicznych celem optymalizacji pracy systemów ogrzewania budynków mieszkalnych*, Czasopismo Techniczne z. 2-B/2010, Wydawnictwo PK, Kraków 2010, 107-115.