

Zbigniew Siwoń, Jan Cieżak

Model przepływów w systemie dystrybucji wody na terenie Polanicy Zdroju

Komputerowe modele przepływów w systemach dystrybucji wody są obecnie coraz powszechniej wykorzystywane zarówno w bieżącej eksploatacji systemów wodociągowych, jak i w projektowaniu ich modernizacji i rozbudowy. Efektywność i praktyczna przydatność tych modeli są w znacznej mierze zależne od jakości i stopnia wiarygodności danych wyjściowych do symulacji.

Dokładność opisu struktury i topologii układu jest na ogół wystarczająca, choć często występują nieprawidłowości w ustalaniu rzeczywistych połączeń przewodów w niektórych węzłach sieci (mogą być one identyfikowane w procesie tarowania parametrów modeli). Najważniejszymi elementami (będącymi źródłem błędów), decydującymi o praktycznej przydatności wyników symulacji, są [1,2]:

- zbiory wartości parametrów i charakterystyki hydrauliczne poszczególnych elementów analizowanego systemu, a w szczególności charakterystyki pomp i pompowni oraz wartości parametrów opisujących rzeczywiste oporności hydrauliczne wszystkich przewodów sieci wodociągowej (w tym przewodów wykonanych w rur żeliwnych i stalowych, podlegających procesowi hydraulicznego starzenia) i charakteryzujących opory miejscowe na sieci,

- wartości węzłowych rozbiórów wody (wymuszenia systemu).

Niektóre z tych charakterystyk (np. charakterystyki pomp) mogą być dość łatwo określone na podstawie bezpośrednich pomiarów, zaś inne (zastępcze chropowatości ścianek wszystkich przewodów, współczynniki hydraulicznych oporów miejscowych spowodowanych np. częściowo przymkniętymi zasuwami, niesprawną armaturą, reduktorami lub regulatorami ciśnienia i regulatorami przepływu oraz węzłowe rozbiory wody) – poprzez tarowanie parametrów modelu z wykorzystaniem odpowiednio zaprogramowanych i zrealizowanych pomiarów terenowych. Tymi pomiarami powinny być objęte zmienne charakteryzujące działanie systemu dystrybucji wody, tj. ciśnienia w wybranych węzłach jego grafu, wydajności wszystkich zewnętrznych i wewnętrznych źródeł zasilania, natężenia przepływu w niektórych przewodach, stany wody w zbiornikach oraz większe pobory wody przez wybranych jej odbiorców. Liczby i lokalizacje stanowisk pomiarowych są zależne od warunków lokalnych, między innymi od struktury, topologii i rozległości badanego obszaru, a także od liczby oraz przestrzennej i wysokościowej lokalizacji źródeł zasilania, zatem muszą być ustalane indywidualnie dla konkretnego systemu wodociągowego [1].

Proces tarowania parametrów modelu przepływów w systemie dystrybucji wody jest realizowany w czterech etapach [2], obejmujących następujące elementy:

- wstępne przybliżenie wartości tarowanych parametrów umożliwiające zainicjowanie procesu tarowania,

- wykonanie pomiarów terenowych i ustalenie zbiorów zmiennych sterujących procesem tarowania,

- tarowanie parametrów modelu w warunkach stanów ustalonych z uwzględnieniem wielu niezależnych i precyzyjnie zdefiniowanych sytuacji eksploatacyjnych, które wystąpiły w czasie realizacji pomiarów terenowych, w tym sytuacji ekstremalnych pod względem hydraulicznym i technicznym,

- tarowanie realizowane w oparciu o analizę działania systemu w dłuższym (zazwyczaj dobowym) przedziale czasu.

Bardziej szczegółowe informacje na temat metodyki i problemów tarowania parametrów modeli przepływów w systemach dystrybucji wody są zamieszczone w pracy [2].

W niniejszej pracy zaprezentowano metodykę i wybrane rezultaty modelowania przepływów w systemie dystrybucji wody na terenie Polanicy Zdroju [3].

Metodyka oraz wyniki modelowania przepływów i tarowania parametrów modelu

Dwustrefowy system zaopatrujący w wodę Polanicę Zdrój jest zasilany z następujących siedmiu źródeł zewnętrznych (ujęć wód podziemnych i powierzchniowych):

- ujęcia wód podziemnych „Starkówek”; woda ujmowana z dwóch studni wierconych jest tłoczona do terenowego zbiornika „Stara Sokołówka” o pojemności 780 m³,

- ujęcia wód powierzchniowych „Nowa Sokołówka”; woda ujmowana z potoku górskiego, piętrzonego na jazie, spływa grawitacyjnie do sieci wodociągowej,

- ujęcia drenazowego wód podziemnych „Stara Sokołówka”; woda ujmowana w studniach kopanych i drenażem spływa do zbiornika terenowego „Stara Sokołówka” o pojemności 780 m³, a następnie do sieci wodociągowej,

- studni wierconej oznaczonej symbolem BS1 z pompą głębinową tłoczącą do sieci wodociągowej wody artezyjskie o dobrej jakości,

- ujęcia przy ul. Wojska Polskiego obejmującego dwie studnie drenazowe kopane oraz ujęcie wód źródłanych; ujmowane wody spływają do zbiornika o pojemności 190 m³, a następnie są tłoczone przez pompownię hydroforową do sieci wodociągowej,

- ujęcia wód podziemnych przy ul. Polnej, składającego się z jednej studni kopanej oraz trzech studni wierconych, w których

są ujmowane wody artezyjskie; są one następnie tłoczone do sieci przez pompy głębinowe zainstalowane w studniach wierconych oraz przez pompownię hydroforową,

– ujęcia wód podziemnych za pomocą trzech studni kopanych przy ul. Dębowej (w sąsiedztwie zbiornika).

Ze względu na duże różnice wysokościowe terenu miasta oraz konieczność ograniczenia nadmiernych ciśnień w sieci wodociągowej, system dystrybucji wody jest eksploatowany w układzie dwustrefowym. Z siecią wodociągową współpracują trzy terenowe zbiorniki wyrównawcze: przy ul. Piastowskiej (pojemność 880 m³), przy ul. Dębowej (pojemność 690 m³) oraz niewielki podziemny cylindryczny zbiornik stalowy „Chrystus Rex” (pojemność 19,9 m³). Od 1990 roku obserwuje się stały trend spadkowy zużycia wody, np. średnie dobowe wielkości poboru wody zmniejszyły się z 3495 m³/d w 1992 r. do 1987 m³/d w 1996 r.

Komputerowy model przepływów w systemie dystrybucji wody na terenie Polanicy Zdroju został przez autorów skonstruowany i wdrożony do praktyki eksploatacyjnej w 1997 r. [3]. W modelowaniu oraz w tarowaniu parametrów został wykorzystany własny program komputerowy SYMWOD, służący między innymi do analizy i symulacji działania wielostronnie zasilanych systemów dystrybucji wody, a także do tarowania parametrów modeli przepływów w owych systemach. W opisie topologii sieci wodociągowej zostały ujęte wszystkie przewody o średnicach od 80 mm do 300 mm. Ich obecna łączna długość wynosi 43928 m, w tym 29547 m rurociągów żeliwnych i stalowych podlegających procesowi hydraulicznego starzenia, tj. wzrostu hydraulicznej oporności w czasie ich eksploatacji. Strukturę wieku (czasu eksploatacji) i zakresu średnic tych przewodów zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Struktura wieku i zakresy średnic żeliwnych i stalowych przewodów sieci wodociągowej na terenie Polanicy Zdroju

Przedział wieku przewodów lata	Łączna długość przewodów m	Przedział zakresu średnic nominalnych mm	Łączna długość przewodów m
0+10	5805	80+150	22012
11+20	4757	175+250	420
21+50	3270	275+300	4115
>50	15715	–	–
Suma	29547	–	29547

Zbiory danych wyjściowych, niezbędnych dla skonstruowania modelu przepływów oraz wytarowania jego parametrów wg metodyki zastosowanej przez autorów niniejszego artykułu, obejmują cztery grupy informacji [2]:

– pełne dane inwentaryzacyjne, w tym kompletny opis struktury systemu i topologii sieci wodociągowej, tj. schematy połączeń rurociągów w węzłach, długości i średnice wszystkich przewodów oraz rzędne terenu we wszystkich węzłach,

– informacje definiujące sytuacje eksploatacyjne rozpatrywane w I etapie procesu tarowania (w warunkach stanów ustalonych), w tym rzędne chwilowych poziomów zwierciadeł wody we wszystkich zbiornikach, informacje o lokalizacji częściowo przymkniętych zasuw regulujących przepływy, zasuw całkowicie zamkniętych i zaworów redukujących ciśnienie oraz o warunkach pracy poszczególnych elementów systemu,

– pierwsze przybliżenia wartości tarowanych parametrów, – wartości zmiennych sterujących procesem tarowania, tj. wyniki pomiarów ciśnień, chwilowych wydajności wszystkich źródeł zasilania systemu, natężeń przepływu w wybranych

przewodach i poborów wody przez wybranych większych jej odbiorców.

Graf układu uwzględniony w procesie tarowania parametrów modelu obejmował 149 odcinków oraz 133 węzły. Pomiary terenowe, których celem było m. in. zebranie danych (wartości zmiennych) sterujących procesem tarowania, zostały zrealizowane przez autorów niniejszej pracy w okresie od 21 do 28 czerwca 1994 r. Obejmowały one pomiary następujących parametrów:

– ciśnienia w wybranych węzłach grafu systemu oraz przepływy w niektórych przewodach,

– wydajności wszystkich źródeł zasilania systemu, tj. pompowni przy ul. Wojska Polskiego, pompowni przy ul. Polnej, ujęcia „Nowa Sokołówka”, studni BS1, studni BS6 (ujęcie „Starkówek”), zbiornika „Stara Sokołówka” i zbiornika „Chrystus Rex”,

– pobory wody przez wybranych większych jej odbiorców, a w szczególności przez rozlewnię wód mineralnych przy ul. Zakopiańskiej oraz sanatorium Wielka Pieniawa,

– stanów wody w zbiornikach „Stara Sokołówka” i „Chrystus Rex”.

W III grupie danych wyjściowych w procesie tarowania parametrów modelu (informacje definiujące rozpatrywane sytuacje eksploatacyjne) uwzględniono lokalizację na sieci wodociągowej dwóch zasuw stale zamkniętych. W celu zminimalizowania liczby stanowisk pomiarowych i zagwarantowania właściwych warunków pomiarów, w okresach wytypowanych na podstawie wcześniejszych analiz, do pierwszego stopnia procesu tarowania parametrów modelu (w warunkach stanów ustalonych) wykonane zostały dodatkowe zabiegi obejmujące:

– zamknięcie dwóch zasuw na przewodach łączących zbiorniki wyrównawcze przy ul. Dębowej i Piastowskiej z siecią wodociągową, gdyż w normalnych warunkach eksploatacyjnych były one praktycznie stale przepelnione i często obserwowano wypływy wody przez przelewy,

– zamknięcie zasuw na rurociągu łączącym przewody 200 mm w rejonie ujęcia „Stara Sokołówka”.

Tarowaniu podlegały umowne (sprowadzone do wewnętrznej średnicy rury nowej) zastępcze chropowatości piaskowe (k_{t0}) ścianek wszystkich żeliwnych i stalowych przewodów sieci wodociągowej, współczynniki oporów miejscowych spowodowanych częściowo przymkniętymi lub niesprawnymi zasuwami i reduktorami ciśnienia oraz węzłowe rozbiory wody.

Wartości parametru k_{t0} (większe od 1,5 mm) dla rur żeliwnych i stalowych obliczono z przekształconych wzorów Darcy-Weissbacha i Prandtla-Karmana przy założeniu, że wysokość strat hydraulicznych (Δh_t) jest taka sama w rurociągu o średnicy D_0 i chropowatości ścianki k_{t0} , jak w rurociągu o średnicy rzeczywistej D_t i chropowatości ścianki k_t przy prędkości przepływu 0,7 m/s [1,2]. W warunkach przepływów w strefie ruchu burzliwego o kwadratowej zależności oporów od prędkości strumienia wody założenie to nie powodowało żadnych błędów przy obliczaniu strat hydraulicznych spowodowanych oporami liniowymi. Było ono bardzo wygodne w zastosowaniach praktycznych (w tym w modelach przepływów w systemach dystrybucji wody), gdyż pozwalało na pominięcie zmiany (zmniejszenia) czynnego przekroju rurociągu żeliwnego lub stalowego spowodowanej osadami odłożonymi na jego ściankach. Zmiana ta była ujęta – łącznie

z wpływem strat hydraulicznych spowodowanych oporami miejscowymi, które występują zawsze, również w prawidłowo eksploatowanych sieciach wodociągowych – w wartości obliczeniowej k_{to} .

Należy podkreślić, że z wymienionych powodów wyznaczone w procesie tarowania wartości umownej (sprowadzonej) zastępczej chropowatości piaskowej (k_{to}) w żadnym wypadku nie mogą być interpretowane jako rzeczywiste przeciętne wysokości nierównomierności na wewnętrznej powierzchni ścianek rurociągów. Ze względu na udział hydraulicznych oporów miejscowych, wartości k_{to} , dotyczące niektórych odcinków sieci wodociągowej, nie były stałe, lecz w pewnym zakresie mogły się zmieniać w zależności od stanu rozmiarów wody i związanych z nim kierunków ruchu wody w sieci. Wielkość oporów miejscowych, spowodowanych rozdziałem strumieni wody, jest bowiem inna, niż w wypadku ich łączenia (wartość współczynnika oporów miejscowych może być wówczas ujemna, co oznacza, że dopływ strumienia o znacznej energii wywołuje dodatkowy wzrost ciśnienia, a nie jego spadek). Z tego powodu wytarowane obliczeniowe wartości k_{to} były wartościami średnimi, wyznaczonymi przy uwzględnieniu wielu jednocześnie rozpatrywanych stanów pracy systemu dystrybucji wody oraz kierunków ruchu wody w sieci wodociągowej [1,2].

Należy podkreślić, że omówiona metodyka tarowania parametrów modelu przepływów w systemie dystrybucji wody, a w szczególności metodyka oceny hydraulicznych parametrów czynnych przewodów sieci wodociągowej, umożliwia uwzględnienie empirycznie potwierdzonego faktu, że często rurociągi wykonane z jednakowego materiału oraz o takim samym wieku i średnicy charakteryzują się – m.in. w zależności od umiejscowienia w sieci i od roli, jaką w niej spełniają – istotnie odmienną opornością hydrauliczną. Problem ten został szerzej omówiony w pracach [4,5].

Tarowaniem nie zostały objęte umowne chropowatości k_{to} ścianek przewodów wykonanych z PCW i PE, które praktycznie nie zmieniają swojej oporności hydraulicznej w czasie wieloletniej eksploatacji. Jako dopuszczalną różnicę między obliczonymi i zmierzonymi wartościami ciśnień we wszystkich stanowiskach pomiarowych i wszystkich rozpatrywanych w pierwszym stopniu procesu tarowania stanach pracy systemu przyjęto 0,015 MPa (1,5 m sł. wody). Równocześnie wymagane były przy tym pełne zgodności pomiędzy zmierzonymi i symulowanymi:

- chwilowymi wydajnościami wszystkich czynnych źródeł zasilania systemu, tj. pompowni przy ul. Wojska Polskiego, pompowni przy ul. Polnej, ujęcia „Nowa Sokołówka”, studni BS1, studni BS6, zbiornika „Stara Sokołówka”, zbiornika „Chrystus Rex” i ujęcia przy ul. Dębowej,

- chwilowymi stanami wody w zbiornikach „Stara Sokołówka” i „Chrystus Rex”,

- poborami wody przez większych jej odbiorców,

- natężeniami przepływu w wybranych przewodach.

W procesie tarowania zostały uwzględnione wszystkie przewody przesyłowe, magistralne i rozdzielcze o średnicach od 80 mm do 300 mm i łącznej długości 32257 m, w tym 29547 m rurociągów żeliwnych i stalowych podlegających procesowi hydraulicznego starzenia. Syntetycznie ujęte rezultaty tarowania parametru k_{to} dla rur żeliwnych i stalowych zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Syntetyczne zestawienie wyników tarowania umownej zastępczej chropowatości piaskowej (k_{to}) ścianek żeliwnych i stalowych przewodów sieci wodociągowej

Zakres wartości k_{to} mm	Łączna długość przewodów sieci wodociągowej	
	m	%
<3,0	10992	37,2
3,1+10,0	4065	13,8
10,1+20,0	2015	6,8
20,1+40,0	11450	38,7
>40,0	1025	3,5
Suma	29547	100,0

Wykazały one, że hydrauliczne oporności poszczególnych odcinków sieci wodociągowej były w znacznym stopniu zróżnicowane. Najbardziej istotny wpływ na stan hydraulicznej sprawności przewodów miały następujące czynniki: materiał, z którego wykonano rurociąg, umiejscowienie przewodu w sieci wodociągowej i rola, jaką w niej spełnia oraz jego wiek i średnica. W specyficznych warunkach systemu wodociągowego Polanicy Zdroju i określonych fizyczno-chemicznych właściwości wody czerpanej z wielu źródeł i tłoczonyj do sieci wodociągowej bez uzdatniania, wartości umownej zastępczej chropowatości k_{to} przewodów żeliwnych, wybudowanych zarówno w okresie przedwojennym jak i w latach powojennych, były wysokie i w znacznej części mieściły się w zakresie od 20 do 40 mm i więcej. Odcinki sieci wykonane z rur stalowych charakteryzowały się opornością hydrauliczną znacznie niższą niż przewody żeliwne o zbliżonym wieku. Wartości k_{to} , dotyczące kolejnych odcinków stalowego rurociągu tranzytowego o średnicy 300 mm, eksploatowanego przez okres od 9 do 19 lat, wynosiły od 2,1 do 2,7 mm. Również oporność innych przewodów stalowych okazała się względnie mała, przy czym zależała ona przede wszystkim od umiejscowienia przewodu w sieci wodociągowej. Wybrane wyniki procesu tarowania parametru k_{to} , dotyczące rur stalowych, zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wytarowane wartości umownej zastępczej chropowatości piaskowej (k_{to}) ścianek stalowych przewodów sieci wodociągowej

Średnica nominalna przewodu mm	Odcinek pomiędzy węzłami	Zakres wartości k_{to} mm
300	2-3-5-7-16-47-104	2,1+2,7
150	201092728	3,1
	21-25-46-44, 25-26	1,4+2,1
	48-49-77-76-75-116-74	0,67+8,1
	116-78	1,3
	49-50	3,4
	43-53-105-77	6,7+7,1
100	49-55-64	6,5+6,9
	66-68-69	6,1
	6063	3,1
	8789	8,5

W rezultacie iteracyjnego, dwustopniowego, procesu tarowania parametrów modelu zlokalizowano dwie zasuwy częściowo przymknięte na przewodach o średnicach 125 mm i 150 mm. Wartości współczynników oporów wynosiły odpowiednio 1828,6 i 85,41. Należy podkreślić, że jednym z ważnych źródeł trudności w tarowaniu parametrów modeli przepływów w systemach dystrybucji wody są często błędy w opisie topologii sieci wodociągowej, a w szczególności błędy w przyjętych schematach

połączeń przewodów w niektórych węzłach. Sytuacja taka wystąpiła również w modelowaniu systemu wodociągowego Polanicy Zdroju, gdyż w trakcie procesu tarowania konieczna stała się korekta kilku połączeń przewodów oraz ich średnic.

Dla potrzeb symulacji działania systemu dystrybucji wody na terenie Polanicy Zdroju, w ramach jego bieżącej eksploatacji, graf systemu odzwierciedlający jego topologię został uzupełniony o odcinki wybudowane lub włączone do sieci miejskiej w okresie od czerwca 1994 r. do listopada 1997 r. (43 odcinki o łącznej długości 7225 m). W listach z danymi wyjściowymi do obliczeń ujęto również dodatkowo 10 zasuw umożliwiających symulację działania systemu w różnorodnych sytuacjach technicznych i eksploatacyjnych, np. po wyłączeniu niektórych źródeł zasilania (ujęć, pompowni lub zbiorników) albo w warunkach napełniania lub opróżniania zbiorników. Łącznie w opisie obecnej topologii systemu ujęto 192 odcinki sieci, o łącznej długości 43928 m, 133 węzły, 13 zasuw, 2 zawory redukujące ciśnienie oraz 4 sieciowe zbiorniki wyrównawcze. Uwzględniono również rozbiory węzłowe (określone w wyniku pomiarów), wynikające z rozbudowy sieci po 1994 roku i podłączenia do niej nowych odbiorców wody.

Podsumowanie

Komputerowe modele przepływów w systemach dystrybucji wody są obecnie w Polsce coraz powszechniej wykorzystywane zarówno w bieżącej eksploatacji systemów wodociągowych, jak i w projektowaniu ich modernizacji oraz rozbudowy. Efektywność i praktyczna przydatność tych modeli są w znacznej mierze zależne od jakości i stopnia wiarygodności danych wyjściowych do symulacji. Najważniejszym źródłem błędów są zbiory wartości parametrów i charakterystyki hydrauliczne poszczególnych elementów analizowanego układu oraz wartości węzłowych rozbiorów wody. Powinny być one wyznaczone poprzez tarowanie parametrów modelu, z wykorzystaniem odpowiednio zaprogramowanych i zrealizowanych pomiarów terenowych. Pomiarami należy objąć zmienne charakteryzujące działanie systemu dystrybucji wody, tj. ciśnienia w wybranych węzłach jego grafu, wydajności wszystkich zewnętrznych i wewnętrznych źródeł zasilania, natężenia przepływu

w niektórych przewodach, stany wody w zbiornikach oraz większe pobory wody przez wybranych jej odbiorców.

W czteroetapowym procesie tarowania parametrów modelu przepływów w systemie dystrybucji wody na terenie Polanicy Zdroju zostały ujęte wyniki pomiarów ciśnień w wybranych węzłach grafu układu, stanów wody w dwóch zbiornikach, wydajności siedmiu ujęć, pompowni i zbiorników stanowiących źródła zasilania systemu, natężeń przepływu w niektórych przewodach oraz poboru wody przez wybranych jej odbiorców.

W wyniku tarowania parametrów modelu wyznaczono oceny umownych (sprowadzonych do wewnętrznej średnicy rury nowej) zastępczych chropowatości ścianek wszystkich przewodów sieci wodociągowej, współczynniki oporów miejscowych spowodowanych częściowo przymkniętymi zasuwami i reduktorami ciśnienia oraz węzłowe rozbiory wody. Zlokalizowano również zasuwę całkowicie zamkniętą.

Komputerowy model przepływów w systemie dystrybucji wody na obszarze Polanicy Zdroju jest użytkowany w bieżącej eksploatacji.

LITERATURA

1. Z. SIWOŃ: Wybrane problemy modelowania przepływów w systemach dystrybucji wody. *GWITS*, 1997, nr 6, ss. 218–222.
2. Z. SIWOŃ: Tarowanie parametrów modeli przepływów w systemach dystrybucji wody. *GWITS*, 1998, nr 9 (w druku).
3. Z. SIWOŃ, J. CIEŻAK: Skonstruowanie, wytarowanie parametrów i wdrożenie do praktyki eksploatacyjnej komputerowego modelu przepływów w systemie dystrybucji wody na terenie Polanicy Zdroju. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska PWr., Wrocław 1998 (praca nie publikowana).
4. Z. SIWOŃ, S. BOGACZEWICZ, J. CIEŻAK: Analiza procesu wzrostu hydraulicznej oporności eksploatowanych przewodów wodociągowych. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w Wodę Miast i Wsi”*, PZITS, Poznań 1996, t. 1, ss. 535–547.
5. Z. SIWOŃ, S. BOGACZEWICZ, J. CIEŻAK: Badania przedprojektowe czynnych sieci wodociągowych. *GWITS*, 1966, nr 4, ss. 123–126.

Hydraulic network model for Polanica Zdrój

Presented are some engineering problems dealt with in calibrating the parameters of the water supply network model for Polanica Zdrój. Calibrating was carried out on the basis of data sets obtained by measurements and in an analytical approach. Measurements were performed continuously for 7 days and included the following parameters: pressure at 23 models, water consumption, productiveness of water supply sources, and water levels in the tanks. For the needs of calibration, actual in-service conditions (observed in the course of field investigations) were taken into account. The input data sets for the calibrating process encompassed the following items: topological descriptions of the water distribution system; schematic representations of the joint nodes; pipe length, pipe diameter, pipe age and pipe

material; information about actual conditions observed in service; first approximation of identified parameter values and measured results. Two adequacy criteria were adopted for the identification of the parameters: the agreement between measured and calculated pressure values (with a tolerance of 1.5 m), and full agreement between calculated and measured values of the following parameters: productiveness of water supply sources, water consumption by selected users, and water levels in the tanks. Following calibration of the model parameters, the equivalent wall roughness (for all pipes of the water-supply network), the local drag coefficients, and water distribution were determined.