

Jan STUDZIŃSKI

Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa

KOMPUTEROWO WSPOMAGANE ZARZĄDZANIE SYSTEMEM WODNO-ŚCIEKOWYM W MIEJSKIM PRZEDSIĘBIORSTWIE WODOCIĄGOWYM

COMPUTER AIDED MANAGEMENT OF THE WATER AND WASTEWATER SYSTEM IN COMMUNAL WATERWORKS

In the paper an idea of computer aided management of all objects of communal waterworks, i.e. of water network, wastewater network and of sewage treatment plant, is presented. The structure and the functions of the relevant information system under development, its key components and realized programs as well as the problems connected with their implementation are described. Also an idea of organization of multilateral research directed on developing the software to support decisions making processes in communal waterworks is proposed.

W pracy przedstawiono koncepcję komputerowego wspomaganie zarządzania obiektami miejskiego przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego, to znaczy siecią wodociągową, siecią kanalizacyjną i oczyszczalnią ścieków. Omówiono strukturę i funkcje tworzonego w tym celu systemu informatycznego, jego moduły i opracowane programy komputerowe oraz trudności związane z ich wdrażaniem. Przedstawiono propozycję kompleksowych badań, mających na celu stworzenie narzędzia wspomagającego procesy decyzyjne w przedsiębiorstwie wodociągowym.

1. Wprowadzenie

Zarządzanie miejskim przedsiębiorstwem wodociągowo-kanalizacyjnym jest złożonym procesem organizacyjnym, technicznym i technologicznym, którego usprawnienie wymaga wspomaganie komputerowego. Powszechną praktyką w przedsiębiorstwach wodociągowych jest rozdzielenie procesu zarządzania na dwa rodzaje: administracyjne i techniczne. Pierwszy rodzaj zarządzania dotyczy zagadnień organizacji pracy, gospodarki finansowej, planowania rozwoju, zarządzania kapitałem ludzkim itp. i polega przede

wszystkim na przepływie i stosunkowo prostym pod względem obliczeniowym przetwarzaniu informacji. Zarządzanie drugiego rodzaju dotyczy problemów związanych ze sterowaniem i optymalizacją obiektów przedsiębiorstwa i prowadzeniem eksploatowanych w nich procesów technicznych i technologicznych i wymaga ono stosowania na ogół skomplikowanych algorytmów obliczeniowych. Druga charakterystyczna cecha zarządzania przedsiębiorstwem wodociągowym, to traktowanie typowych jego obiektów, czyli sieci wodociągowej, sieci kanalizacyjnej i oczyszczalni ścieków, w sposób niezależny, jako autonomicznych systemów.

Przedstawiona sytuacja jest niewłaściwa, ponieważ lepsze efekty zarządzania uzyska się, jeżeli wszystkie obiekty przedsiębiorstwa potraktuje się jako jeden sprzężony ze sobą system oraz gdy oba rodzaje zarządzania potraktuje się łącznie, jako jeden złożony i wewnętrznie sprzężony proces. Aby zrealizować taką koncepcję zarządzania, należy rozwijać i wdrażać w przedsiębiorstwach wodociągowych *zintegrowane systemy informatyczne kompleksowego zarządzania*, obejmujące swym działaniem zarówno wszystkie obiekty, jak i wszystkie obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa, czyli zarówno działania administracyjne, jak i techniczno-technologiczne.

Przeszkodą w praktycznej realizacji prezentowanej koncepcji jest brak obecnie takich systemów na rynku, co oznacza, że należy je dopiero tworzyć a jest to możliwe jedynie w ramach ścisłej współpracy między placówkami badawczymi, przedsiębiorstwami wodociągowymi i również wyspecjalizowanymi firmami informatycznymi. Przyczyną braku takich systemów jest przede wszystkim tradycja i przyzwyczajenie, uwarunkowane niezależnym i zróżnicowanym w czasie rozwojem różnych obiektów przedsiębiorstwa wodociągowego: sieci wodociągowych, sieci kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków, oraz zróżnicowanym historycznie rozwojem związanych z kompleksowym zarządzaniem dyscyplin naukowych: automatyki, informatyki i teorii zarządzania.

Jednak ta sytuacja powinna jak najszybciej ulec zmianie co najmniej z dwóch powodów: zarządzanie administracyjne i techniczno-technologiczne uzupełniają się i wzajemnie warunkują; kompleksowe traktowanie zarządzania przedsiębiorstwem umożliwia jego usprawnienie i uproszczenie.

Brak kompleksowego podejścia do problematyki zarządzania skutkuje tym, że zamiast rozwijania zintegrowanych systemów informatycznych, przedsiębiorstwa wodociągowe zakupują i użytkują wiele samodzielnych programów komputerowych do niezależnego wykonywania różnych zadań związanych z eksploatacją. Powoduje to w konsekwencji problemy w administrowaniu licznymi programami, niemożność pełnego wykorzystania wszystkich informacji i danych pomiarowych gromadzonych w przedsiębiorstwie [7] oraz brak efektywnej współpracy między jego różnymi działami.

W Instytucie Badań Systemowych PAN opracowano koncepcję systemu informatycznego do kompleksowego zarządzania miejskim przedsiębiorstwem wodociągowym. System uwzględnia wspomaganie działań związanych z zarządzaniem wszystkimi obiektami przedsiębiorstwa i realizację zadań o charakterze administracyjnym i techniczno-technologicznym. Składa się z trzech podsystemów odpowiedzialnych za trzy kluczowe obiekty przedsiębiorstwa wodociągowego a każdy podsystem ma budowę modułową, przy czym podstawowe moduły, to system monitoringu, model matematyczny obiektu i algorytmy optymalizacji. Część opracowanych programów została wdrożona w przedsiębiorstwie wodociągowym w Rzeszowie [12], część z nich jest w trakcie realizacji i testowania a część programów jest dopiero na etapie projektowania.

Opracowane programy składające się na system są rezultatem współpracy Instytutu ze specjalistami z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, z Politechniki Wrocławskiej, Politechniki Warszawskiej i Politechniki Świętokrzyskiej, a także z firmami Intergraph z Warszawy i Infoprod z Poznania. W dalszym ciągu zostaną omówione podsystemy systemu informatycznego i wchodzące w ich skład, już zrealizowane lub realizowane, programy komputerowe.

2. System informatyczny komputerowego wspomaganie zarządzania miejską siecią wodociągową

Opracowany dla sieci wodociągowej system informatyczny jest najbardziej zaawansowany w rozwoju, ma otwartą budowę modułową i składa się z pięciu już zrealizowanych podstawowych modułów:

1. Systemu GIS generującego mapę numeryczną sieci wodociągowej (G/Water).
2. Systemu SCADA monitoringu sieci (ProconWin).
3. Systemu billingowego CIS (*Customers Information System*) do rejestracji ilości sprzedanej wody i archiwizacji użytkowników sieci wodociągowej.
4. Modelu hydraulicznego sieci (MOSUW-H, OHIO, EPANET).
5. Programu optymalizacji wielokryterialnej (REH).

Struktura, własności i funkcjonowanie systemu informatycznego są następujące:

- Branżowa Baza Danych (BBD) w systemie GIS gromadzi dane graficzne i numeryczne niezbędne do zarządzania siecią wodociągową.
- Poprzez specjalne pliki buforowe istnieje wzajemna komunikacja między modułami systemu, przy czym BBD jest elementem integrującym wszystkie programy systemu; dzięki temu mechanizmowi komunikacji wszystkie programy mogą ze sobą współpracować.
- Transmisja danych między punktami pomiarowymi i programem wizualizacji systemu monitoringu odbywa się za pomocą telefonii komórkowej lub drogą radiową.
- Pomiar z monitoringu służy do kalibracji i okresowej rekalkulacji modelu hydraulicznego sieci wodociągowej oraz do lokalizacji awarii i wycieków w sieci.
- Model hydrauliczny wyznacza średnie dobowe lub bieżące godzinowe przepływy i ciśnienia w sieci.
- W modelu hydraulicznym można zadawać do obliczeń symulacyjnych rozbiory węzłowe lub odcinkowe, przy czym jest on sprzęgnięty z systemem CIS, skąd pozyskuje dane o okresowych rozbiorach w węzłach użytkowników sieci.

- Obliczenia hydrauliczne są wykonywane na podstawie grafów obliczeniowych sieci generowanych do modelu sieci przez system GIS mapy numerycznej.
- Z modelem hydraulicznym współpracuje program optymalizacji wielokryterialnej, umożliwiający definiowanie kilku kryteriów celu.

Każdy z wymienionych modułów systemu może działać w sposób autonomiczny, wykonując zadania zgodne ze swoim przeznaczeniem, jednak dopiero współpraca tych programów znacznie poszerza zakres ich działania i umożliwia kompleksowe zarządzanie siecią wodociągową, to znaczy:

- Sprzęgnięcie mapy numerycznej z modelem hydraulicznym i programem optymalizacji umożliwia wykonywanie zadań optymalizacji, projektowania i sterowania siecią wodociągową oraz automatyczną kalibrację modelu hydraulicznego.
- Sprzęgnięcie mapy numerycznej z modelem hydraulicznym i systemem monitoringu umożliwia rozwiązywanie zadania lokalizacji awarii i wycieków w sieci wodociągowej.
- Sprzęgnięcie mapy numerycznej z modelem hydraulicznym umożliwia rozwiązywanie zadania optymalnego doboru punktów pomiarowych dla systemu monitoringu (przy lokalizacji punktów pomiarowych należy minimalizować ich liczbę i maksymalizować ilość dostarczanej przez nie informacji).

Dodatkowo w strukturze systemu informatycznego znajduje się program z algorytmami krigingowymi aproksymacji przestrzennej (KRIPOW). Program ten współpracuje z modelem hydraulicznym i z mapą numeryczną sieci wodociągowej. Umożliwia on wykonywanie dodatkowych zadań związanych z zarządzaniem siecią wodociągową, takich jak:

- Wyznaczanie współrzędnych wysokościowych punktów węzłowych sieci wodociągowej (punkty węzłowe sieci są niezbędne do wygenerowania grafu obliczeniowego sieci, umożliwiającego uruchomienie modelu hydraulicznego).
- Wyznaczanie map rozkładów przepływów i ciśnień w sieci wodociągowej (mapy rozkładów przepływów i ciśnień umożliwiają operatorowi sieci szybką jakościową ocenę stanu jej pracy i lokalizację obszarów o niewłaściwych prędkościach lub ciśnieniach wody).

Opracowany system informatyczny realizuje następujące podstawowe funkcje zarządzania eksploatacyjnego siecią wodociągową:

- Komputerowa wizualizacja sieci lub jej wybranych fragmentów.
- Wyznaczanie aktualnego stanu pracy sieci.
- Optymalizacja, projektowanie i sterowanie operacyjne siecią.
- Lokalizacja ukrytych wycieków wody.

Mapa numeryczna umożliwia również wykonywanie analiz tematycznych sieci wodociągowej, takich na przykład, jak:

- Lokalizacja zasuw, które należy zamknąć w przypadku awarii, aby ograniczyć straty wody w miejscu wycieku.
- Wizualizacja pokrycia wybranego obszaru terenu zasięgiem hydrantów zainstalowanych na sieci.

Wymienione funkcje systemu informatycznego dotyczą zarządzania technicznym siecią wodociągową. Druga sfera zarządzania obejmuje zadania o charakterze administracyjnym. Do ich realizacji należy zintegrować wymienione i już opracowane programy systemu z programami o charakterze zarządczym, które są już wykonane i eksploatowane w przedsiębiorstwie wodociągowym względnie należy je dopiero opracować. Są to następujące programy:

- Program obsługi finansowo-księgowej (eksploatowany).
- Program rejestracji i nadzoru wydawanych warunków technicznych.
- Program rejestracji odbiorów technicznych sieci wodociągowej.
- Program rejestracji awarii występujących na sieci (opracowany).
- Program obsługi planowanych przeglądów eksploatacyjnych sieci.

Włączenie tych programów do struktury opracowanego systemu informatycznego zwiększa jego funkcjonalność i integruje pracę różnych działów przedsiębiorstwa wodociągowego. Jednocześnie integracja tych programów w ramach jednolitego systemu pozwoli opracować algorytm i program rewitalizacji sieci wodociągowej, czyli generowania planów inwestycyjnych dla prac remontowych i modernizacyjnych sieci, a także opracować program generowania planów inwestycyjnych dla prac rozwojowych.

W strukturze przedstawionego systemu znajdują się: system GIS G/Water firmy Intergraph; system SCADA ProconWin firmy Infoprod; trzy modele hydrauliczne sieci wodociągowej: model OHIO opracowany na podstawie algorytmów autorskich Andrzeja Pawlaka [3], model MOSUW-H i program optymalizacji REH opracowane na podstawie algorytmów Reinharda Straubela [13], model EPANET dostępny w Internecie; program aproksymacji krigingowej opracowany w IBS PAN [5].

3. System informatyczny komputerowego wspomaganie zarządzania miejską siecią kanalizacyjną

Opracowany dla sieci kanalizacyjnej system informatyczny jest najmniej zaawansowany z powodu trudności w modelowaniu matematycznym sieci kanalizacyjnej grawitacyjnej. Ma on, podobnie jak system poprzedni, otwartą budowę modułową i składa się obecnie z pięciu podstawowych modułów:

1. Systemu GIS generującego mapę numeryczną sieci wodociągowej (G/Water).
2. Systemu SCADA monitoringu sieci (Wizcon).
3. Modelu obciążenia hydraulicznego sieci wodociągowej (do prognozowania obciążenia sieci kanalizacyjnej).
4. Modelu hydraulicznego sieci (MOSUK-H dla sieci ciśnieniowej; model sieci grawitacyjnej jest w fazie realizacji).
5. Programu optymalizacji wielokryterialnej (REH).

Struktura, własności i funkcjonowanie systemu informatycznego dla sieci kanalizacyjnej są w założeniach podobne do tych opracowanych dla sieci wodociągowej, jednak z braku działającego modelu hydraulicznego kanalizacyjnej sieci grawitacyjnej mają one obecnie charakter niezrealizowanej koncepcji. W tym sensie są one następujące:

- Branżowa Baza Danych w systemie GIS gromadzi dane niezbędne do zarządzania siecią kanalizacyjną, stanowiąc element integrujący wszystkie programy systemu.
- Poprzez specjalne pliki buforowe istnieje wzajemna komunikacja i współpraca między modułami systemu.
- Transmisja danych między punktami pomiarowymi i programem wizualizacji systemu monitoringu odbywa się drogą radiową.
- Pomiary z monitoringu służą do kalibracji i okresowej rekalkulacji modelu hydraulicznego sieci kanalizacyjnej oraz do lokalizacji awarii i wycieków w sieci.
- Model hydrauliczny wyznacza średnie dobowe lub bieżące godzinowe przepływy w sieci i dodatkowo ciśnienia w sieci grawitacyjnej.
- Obliczenia hydrauliczne są wykonywane na podstawie grafów obliczeniowych sieci generowanych do modelu sieci przez system GIS mapy numerycznej.
- Z modelem hydraulicznym współpracuje program optymalizacji wielokryterialnej, umożliwiając definiowanie kilku kryteriów celu.

Opracowany system informatyczny będzie realizował następujące podstawowe funkcje zarządzania eksploatacyjnego siecią kanalizacyjną:

- Komputerowa wizualizacja sieci lub jej wybranych fragmentów.
- Wyznaczanie aktualnego stanu pracy sieci.
- Optymalizacja, projektowanie i sterowanie operacyjne siecią.
- Lokalizacja awarii i ukrytych wycieków ścieków.

Podobnie jak poprzednio, z programami realizującymi zarządzanie techniczne planuje się zintegrowanie następujących programów o charakterze zarządczym:

- Program obsługi finansowo-księgowej.
- Program rejestracji i nadzoru wydawanych warunków technicznych.
- Program rejestracji odbiorów technicznych sieci kanalizacyjnej.
- Program rejestracji awarii występujących na sieci.
- Program obsługi planowanych przeglądów eksploatacyjnych sieci.

Integracja tych programów w ramach jednolitego systemu pozwoli opracować programy generowania planów inwestycyjnych dla prac remontowych i modernizacyjnych sieci kanalizacyjnej (rewitalizacja) a także dla prac rozwojowych.

Należy przy tym zauważyć, że realizacja systemu komputerowego wspomaganie zarządzania dla sieci kanalizacyjnej jest znacznie trudniejsza i również bardziej kosztowna, niż dla sieci wodociągowej. Spowodowane jest to wspomnianymi większymi trudno-

ściami przy tworzeniu modelu hydraulicznego sieci kanalizacyjnej, który powinien zasadniczo integrować dwa różne rodzaje modeli: dla sieci grawitacyjnej i sieci ciśnieniowej; większym skomplikowaniem prac związanych z kalibracją modelu hydraulicznego, której nie można zautomatyzować za pomocą programu optymalizacji wielokryterialnej; a także znacznie większymi kosztami przy wykonywaniu systemu monitoringu, ze względu na większe koszty urządzeń pomiarowych. To powoduje, że prace związane z informatyzacją sieci kanalizacyjnych są zwykle mniej zaawansowane, niż w przypadku sieci wodociągowych.

W strukturze przedstawionego i nie przetestowanego systemu znajdują się obecnie: system GIS G/Water firmy Intergraph; system SCADA Wizcon; model hydrauliczny sieci kanalizacyjnej ciśnieniowej MOSUK-H i program optymalizacji REH opracowane na podstawie algorytmów Reinharda Straubela; modele obciążenia sieci wodociągowej opracowane w IBS PAN w postaci szeregów czasowych, sieci neuronowych i zbiorów rozmytych. Trwają prace związane z opracowaniem modelu hydraulicznego kanalizacyjnej sieci grawitacyjnej, który pozwoli sprzęgnąć wszystkie moduły i programy systemu i realizować zaplanowane zadania zarządzania.

4. System informatyczny komputerowego wspomaganie zarządzania miejską oczyszczalnią ścieków

Opracowany dla oczyszczalni ścieków system informatyczny i obecnie koncentruje na zarządzaniu techniczno-technologicznym, czyli usprawnieniu procesu sterowania operacyjnego obiektem. W oczyszczalni znajdują się liczne zestawy pompowe i zestaw dmuchaw napowietrzających ścieki w komorach z osadem czynnym, i sterowanie nimi jest realizowane za pomocą układów regulacji automatycznej. Z kolei działanie tych układów polega na stabilizacji pracy nadzorowanych procesów poprzez utrzymanie na zadanym poziomie wartości określonych parametrów procesowych. Te parametry, to przepływy ścieków w przepompowniach zainstalowanych w oczyszczalni oraz poziom tlenu rozpuszczonego w jej komorach napowietrzania. Oznacza to, że nie steruje się procesami oczyszczania w sposób aktywny, dopuszczający automatyczną zmianę wartości nastaw parametrów w regulatorach układów regulacji, natomiast prowadzi się stabilizację tych procesów przy zadanych stałych wartościach nastaw, co można traktować jako *sterowanie pasywne*. Taki rodzaj sterowania jest prawidłowy w przypadkach, gdy prowadzone procesy są już w założeniu stabilne, to znaczy nie występują duże i nieoczekiwane zmiany procesowych warunków zewnętrznych, wymagające zmiany wartości nastaw w regulatorach układów regulacji. Ta sytuacja nie dotyczy jednak na ogół procesów realizowanych w przedsiębiorstwach wodociągowych. Bardzo często zmieniają się bowiem warunki pracy obiektów wodociągowych. Na przykład, zmiany poboru wody wpływają na zmianę obciążenia hydraulicznego sieci wodociągowej, ulewne deszcze wpływają na zmianę obciążenia hydraulicznego sieci kanalizacyjnej, a oba te czynniki zmieniają obciążenie hydrauliczne i stan pracy oczyszczalni ścieków. Wynika z tego, że w oczyszczalni ścieków powinno się wprowadzać i stosować algorytmy *sterowania aktywnego*. Sterowanie aktywne, to między innymi *sterowanie hierarchiczne i predykcyjne*. Hierarchiczność sterowania polega na tym, że przebiega ono co najmniej na dwóch poziomach: na pierwszym, wyższym poziomie działa algorytm zmieniający nastawy regulatorów, na drugim, niższym poziomie przejmują pracę układy

regulacji automatycznej stabilizujące proces na poziomie zadanych nastaw. Predykcja sterowania polega na tym, że nastawy regulatorów są zmieniane w zależności od przewidywanych zmian warunków zewnętrznych procesu, czyli od przewidywanych zmian ilości dopływających ścieków surowych i zawartego w nich ładunku zanieczyszczeń do oczyszczalni.

Taką koncepcję sterowania opracowano w IBS PAN [11] i za pomocą odpowiedniego oprogramowania jest ona realizowana w postaci tworzonego systemu informatycznego. Ma on, podobnie jak poprzednie systemy, otwartą budowę modułową i składa się obecnie z pięciu podstawowych modułów:

1. Systemu SCADA monitoringu.
2. Modelu dopływu ścieków surowych do oczyszczalni (do prognozowania obciążenia hydraulicznego i ładunku zanieczyszczeń dopływającego do obiektu).
3. Modelu fizykalnego oczyszczalni ścieków.
4. Algorytmu sterowania predykcyjnego.
5. Pakietu programów optymalizacji statycznej.

Struktura, własności i funkcjonowanie systemu informatycznego dla oczyszczalni ścieków są następujące:

- System monitoringu gromadzi dane niezbędne do zarządzania oczyszczalnią, stanowiąc element integrujący wszystkie programy systemu.
- Poprzez specjalne pliki buforowe istnieje wzajemna komunikacja i współpraca między modułami systemu.
- Transmisja danych między punktami pomiarowymi i programem wizualizacji systemu monitoringu odbywa za pomocą sieci kablowej.
- Pomiarzy z monitoringu oraz programy optymalizacji statycznej służą do kalibracji i okresowej rekalkulacji modelu fizykalnego oczyszczalni, opracowanego w postaci bilansowych równań różniczkowych zwyczajnych.
- Model fizykalny służy do obliczeń symulacyjnych dla algorytmu sterowania predykcyjnego.
- Wejściami do modelu fizykalnego są prognozy dopływu ścieków generowane przez modele parametryczne dopływu, opracowane w postaci szeregów czasowych, sieci neuronowych i zbiorów rozmytych.

Opracowany system informatyczny będzie realizował następujące podstawowe funkcje zarządzania eksploatacyjnego siecią kanalizacyjną:

- Komputerowa symulacja procesu technologicznego oczyszczania ścieków.
- Optymalizacja, projektowanie i sterowanie operacyjne oczyszczalnią.

Należy zauważyć, że realizacja systemu komputerowego wspomaganego zarządzania oczyszczalnią ścieków jest podobnie trudna i kosztowna, jak dla sieci kanalizacyjnej. Spowodowane jest to przede wszystkim trudnościami przy tworzeniu modelu fizykalnego oczyszczalni, a dokładniej, jego kalibracją, która wymaga wykonania bardzo koszt-

townych i trudnych pod względem organizacyjnym eksperymentów pomiarowych na obiekcie, dostarczających pomiary uzupełniające dane zebrane z systemu SCADA. To powoduje, że prace związane z proponowaną informatyzacją oczyszczalni są w praktyce również mniej zaawansowane, niż w przypadku sieci wodociągowych.

W strukturze przedstawionego i nie przetestowanego systemu znajdują się obecnie: system SCADA; model fizyczny oczyszczalni ścieków opracowany przez Marcina Stachurę [9] na podstawie algorytmów autorskich Ryszarda Szeteli [14]; modele dopływu ścieków surowych do oczyszczalni opracowane przez Lidzię Bartkiewicz [4] oraz algorytmy sterowania predykcyjnego oczyszczalnią opracowane przez Marcina Stachurę i Krzysztofa Janiszowskiego [10]. Trwają starania związane z wykonaniem szarzy pomiarowej na rzeczywistej oczyszczalni w celu uzyskania zbioru pomiarów umożliwiających kalibrację modelu fizycznego, co pozwoli sprzęgnąć wszystkie moduły i programy systemu i realizować zaplanowane zadania zarządzania oczyszczalnią.

5. Przykład schematu organizacyjnego prac B+R dla informatyzacji miejskiego przedsiębiorstwa wodociągowego

Rzadko rozwiązania informatyczne opracowywane w instytutach naukowych mają zdolności aplikacyjne. Podstawowe przyczyny tego są następujące:

- w instytutach nie ma na ogół szczegółowej wiedzy o problemach i uwarunkowaniach technicznych i finansowych istniejących w przedsiębiorstwach wodociągowych;
- w instytutach nie ma umiejętności i możliwości tworzenia profesjonalnych programów komputerowych a powstające tam programy mają zwykle charakter autorski.

Możliwości tworzenia profesjonalnych programów mają natomiast profesjonalne firmy informatyczne, jednak:

- takie firmy są nastawione przede wszystkim na szybki zbyć swoich gotowych produktów (*commercial off-the-shelf*);
- firmy te nie mają chęci, środków i czasu na opracowywanie zaawansowanych algorytmów obliczeniowych, rozwiązujących problemy eksploatacyjne generowane w przedsiębiorstwie wodociągowym.

Stąd nasuwa się wniosek o konieczności stworzenia odpowiedniego schematu organizacyjnego, umożliwiającego efektywną współpracę instytutów badawczych z profesjonalnymi firmami informatycznymi i z przedsiębiorstwem wodociągowym, które zdecydowało się wprowadzać u siebie zaawansowaną informatyzację. Kolejnym koniecznym elementem takiego schematu jest podmiot finansujący badania rozwojowe.

Taki schemat opracowano w Instytucie Badań Systemowych PAN i wdrożono w Miejskim Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji Rzeszowie. Konstrukcja tego schematu jest następująca:

- prace prowadzone w Instytucie i współpracujących z nim jednostkach naukowo-badawczych dotyczą jedynie tworzenia algorytmów obliczeniowych do modelowania, symulacji komputerowej, optymalizacji i sterowania obiektami wodociągowymi;
- profesjonalne oprogramowanie opracowanych algorytmów jest zlecane zewnętrznym firmom informatycznym;
- testowanie i wdrażanie tworzonych produktów informatycznych jest wykonywane w przedsiębiorstwie wodociągowym, przy użyciu rzeczywistych danych;
- finansowanie współpracy jest prowadzone w ramach projektów celowych względnie rozwojowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Przedstawiony schemat organizacji współpracy, od pomysłu do wdrożenia, wiążący placówki naukowe, profesjonalne firmy informatyczne, przedsiębiorstwo i sponsora badań, można uważać za schemat modelowy. Jednak, w obecnej krajowej rzeczywistości prowadzenia badań stosowanych, ma on pewne słabe punkty, to znaczy:

- przedstawiony schemat integracyjny funkcjonuje poprawnie jedynie w przypadku, gdy istnieją już dłuższe i wzajemnie użyteczne kontakty między zainteresowanymi stronami; w przypadku takich kontaktów przedsiębiorstwo ma gwarancję, że współpracujące podmioty wykonają swoje zadania rzetelnie i z korzyścią dla niego; brak tej pewności powoduje, że przedsiębiorstwo zwykle nie jest zainteresowane współpracą;
- w konstrukcji realizowanego obecnie przez MNiSW programu projektów celowych nie wywiązanie się jednostki naukowej z realizacji zadań badawczych skutkuje konsekwencjami finansowymi dla przedsiębiorstwa; wzbudza to zwykle niechęć przedsiębiorstw do zawierania umów o wykonanie takich celowych;
- mimo że projekty celowe są właściwie jedyną formą wspierania rzeczywistej współpracy między krajowymi placówkami naukowymi i przedsiębiorstwami, dofinansowywanej ze środków budżetowych, Ministerstwo bardzo rzadko organizuje konkursy na te projekty, co dodatkowo zniechęca do takiej współpracy przedsiębiorstwa, przyzwyczajone do szybkiego podejmowania decyzji i ich realizacji.

W wyniku tych „słabych punktów” zaproponowanego schematu organizacyjnego prowadzenia prac badawczo-rozwojowych, przedsiębiorstwa wodociągowe rzadko decydują się na uczestniczenie w projektach celowych, szczególnie w ramach współpracy z takimi jednostkami naukowymi, które nie potrafią się już wykazać pozytywnymi wynikami badań stosowanych. Z kolei placówkom takim trudno jest zdobyć odpowiednie doświadczenie w tym zakresie, jeżeli nie mają okazji współpracy z przedsiębiorstwami. W ten sposób koło się zamyka i oba podmioty, naukowy i gospodarczy, zamiast ze sobą współpracować, działają w sposób niezależny, ze szkodą dla nauki i gospodarki w Polsce.

6. Uwagi końcowe

W pracy przedstawiono koncepcję zintegrowanego systemu informatycznego do kompleksowego zarządzania miejskim przedsiębiorstwem wodociągowym oraz wymieniono już wykonane programy wchodzące w skład poszczególnych podsystemów tego systemu. Najbardziej zaawansowanym podsystemem jest system opracowany dla sieci wodociągowej, w którym większość planowanych programów jest już w wersji wdrożeniowej. Gorzej zaawansowane prace dotyczą pozostałych dwóch podsystemów, w których brakuje kluczowych modeli matematycznych dla odnośnych obiektów, to znaczy modelu hydraulicznego dla grawitacyjnej sieci kanalizacyjnej i skalibrowanego modelu fizykalnego dla oczyszczalni ścieków. Przedstawiono również koncepcję schematu organizacyjnego prowadzenia prac badawczych, umożliwiającego rzeczywistą i efektywną współpracę między krajowymi jednostkami naukowymi i przedsiębiorstwami. Udrożnienie takiego sposobu prowadzenia badań aplikacyjnych istotnie przyspieszy zaawansowaną informatyzację krajowych przedsiębiorstw wodociągowych.

Bibliografia

- [1] Bałut A.: *Komputerowe wspomaganie w zarządzaniu systemami wodociągowymi*. Wodociągi i Kanalizacja, 12[70]2009, 36-38.
- [2] Bałut A., Urbaniak A.: *GIS w modelowaniu i analizie sieci wodociągowych*. Wodociągi i Kanalizacja, 1[71]2010, 24-26.
- [3] Barski A., Pawlak A., Studziński J.: *Komputerowy model hydrauliczny miejskiej sieci wodociągowej*. W: *Badania operacyjne i systemowe: środowisko naturalne, przestrzeń, optymalizacja*. PAN IBS, Seria Badania Systemowe, tom 63, 99-116, Warszawa 2008.
- [4] Bartkiewicz L.: *Modelowanie ilości ścieków dopływających do oczyszczalni*. Rozprawa doktorska, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Kielce 2010.
- [5] Bogdan L., Studzinski J.: *Modeling of water pressure distribution in water nets using the kriging algorithms*. In: *Industrial Simulation Conference ISC'2007* (J. Ottjes and H. Vecke, eds.), June 11-13, 2007, Delft, TU Delft Netherlands, 52-56.
- [6] Bogdan L., Studzinski J.: *Mathematical models for hydraulic calculation and optimization of commnal waternets*. In: *ESM 2008: Modeling and Simulation* (Cyrille Bertelle and Aladdin Ayesh, Eds.) Le Havre (October) Université du Havre France.
- [7] Łomotowski J., Siwoń Z.: *Metodyka analizy danych pochodzących z monitoringu systemów wodociągowych i kanalizacyjnych*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, nr 3'2010, 16-20.

- [8] Rojek I.: *Wspomaganie procesów podejmowania decyzji i sterowania w systemach o różnej skali złożoności z udziałem metod sztucznej inteligencji*. Wydawnictwo UKW, Bydgoszcz 2010.
- [9] Stachura M.: *Komputerowa symulacja i optymalizacja modelu oczyszczalni ścieków*. PAN IBS, Warszawa 2008.
- [10] Stachura M., Janiszowski K.: *Algorytmy regulacji automatycznej i sterowania miejską oczyszczalnią ścieków*. PAN IBS, Warszawa 2010 (w druku).
- [11] Studziński J.: *Modelowanie, identyfikacja i sterowanie miejską oczyszczalnią ścieków*. PAN IBS, Warszawa 2010.
- [12] Studziński J., Karczmarzka D., Popek J.: *Uwagi o wdrożeniu, eksploatacji i propozycjach rozbudowy GIS-Geomedia w wodociągach rzeszowskich*. W: *Eksploatacja wodociągów i kanalizacji: GIS, modelowanie i monitoring w zarządzaniu systemami wodociągowymi i kanalizacyjnymi*, t. 7, PZSiITS, Warszawa 2005, 117-128.
- [13] Studziński J., Straubel R.: *Optymalizacja i sterowanie miejskiej sieci wodociągowej na podstawie modeli matematycznych*. *Studia i Materiały PSZW* (W. Bojar, red.) tom 10, PSZW Bydgoszcz 2007, 181-191.
- [14] Szetela R.: *Model dynamiczny oczyszczalni ścieków z osadem czynnym*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1990.