



Jerzy GAŁAJ, Tomasz DRZYMAŁA

ANALIZA MOŻLIWOŚCI PROGRAMU KOMPUTEROWEGO PRZEZNACZONEGO DO SYMULACJI PRZETŁACZANIA WODY NA DUŻE ODLEGŁOŚCI

Streszczenie

W artykule omówiono model cyfrowy symulujący pracę układów przetłaczania wody na duże odległości. Ze względu na wysokie koszty badań laboratoryjnych i poligonowych, analizę taktycznych układów do symulacji podawania wody na duże odległości (przetłaczanie, przepompowywanie, dowożenie) prowadzi się obecnie coraz częściej przy zastosowaniu specjalistycznych programów komputerowych. Główna idea działania modelu polega na wyznaczeniu maksymalnej długości, na jaką można przetłoczyć wodę, przy założonej konfiguracji układu (liczba i typ pomp, wartości naciśnięć na stronach ssawnych pomp, typ zastosowanych węży, typ rozdzielacza i prądownic, liczba i długość linii gaśniczych, różnice poziomów między pompami) i wartości minimalnego wydatku. Jedyny w Polsce tego typu program został opracowany, przetestowany i zaimplementowany jako ćwiczenie w ramach laboratorium Hydromechaniki w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie.

OBJAŚNIENIA STOSOWANYCH SYMBOLI

I_z – wymagana intensywność podawania wody [$\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$]

F_p – powierzchnia pożaru [m^2]

$H_{max}[i]$ – maksymalna wysokość podnoszenia i-tej pompy [msw],

$Q_{max}[i]$ – maksymalny wydatek i-tej pompy [dm^3/s],

$l_g[i]$ – długość i-tej części linii głównej łączącej króciec tłoczny i-tej pompy z króćcem ssawnym i+1-szej pompy [m],

$H_o[i]$ – wartość naciśnięcia na stronie ssawnej i-tej pompy [msw],

$S_{og}[i]$ – oporność węża i-tej części linii głównej [s^2/dm^6],

n_p – liczba pomp,

S_o^I – oporność węża linii gaśniczej [s^2/dm^6],

n_g – liczba linii gaśniczych,

l_g^I – długość węża linii gaśniczej [m],

S_r – oporność rozdzielacza łączącego linię główną z liniami gaśniczymi [ms^2/dm^6],

S_{pr} – oporność prądownicy połączonej z linią gaśniczą [ms^2/dm^6],

$z[i]$ – różnica wysokości pomiędzy i+1-szą pompą a poziomem odniesienia PO [m],

L_p – maksymalna długość linii głównej w układzie przetłaczania wody [m],

Q – średni wymagany wydatek przetłaczanej wody [dm^3/s],

WSTĘP

Proces szkolenia ratowników za pomocą programów komputerowych przeznaczonych do symulacji zjawisk fizycznych i parametrów pracy urządzeń jest wciąż tematem nowym i nieustannie rozwijającym się. Propagowanie i wdrażanie nowoczesnej technologii z zakresu symulacji komputerowej do szkolenia w sytuacjach kryzysowych ma swoje uzasadnienie w korzyściach ekonomicznych i technicznych, gdyż pewne zdarzenia byłyby trudne lub wręcz niemożliwe do odtworzenia w warunkach poligonowych. Z powyższych względów symulacje komputerowe przy zastosowaniu współczesnej techniki komputerowej są intensywnie rozwijane i wdrażane w wojsku, policji i straży pożarnej na całym świecie. Takie rozwiązania pozwalają na wypracowanie nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych dla szkolenia służb ratowniczych.

Temat symulacji komputerowych i analizy możliwości programu komputerowego przeznaczonego do symulacji taktycznych rozwinięć linii węzowych z samochodów pożarniczych podjęty został przez autorów w pracy [5,6]. Omówiono w nich zalety symulacji numerycznych, które dają możliwość stosunkowo łatwego i szybkiego, a przede wszystkim taniego, przeanalizowania wpływu różnych konfiguracji układów dla różnych scenariuszy pożarowych. Za pomocą programu można wyznaczyć parametry optymalne rozwinięć gaśniczych przy zadanym pożarze i posiadanym sprzęcie ratowniczo-gaśniczym (samochody gaśnicze wraz z wyposażeniem) oraz badać wpływ różnych konfiguracji sprzętowych na parametry rozwinięcia.

W niniejszej pracy zostanie zaprezentowany nowy moduł przeznaczony do symulacji podawania wody na duże odległości metodą przetłaczania przy wykorzystaniu szeregowo połączonych ze sobą pomp pożarniczych. Z uwagi na konieczność praktycznego przygotowania przyszłych strażaków do prowadzenia działań gaśniczych, program do wyznaczania parametrów układu przetłaczania wody może być dobrym narzędziem do prowadzenia ćwiczeń teoretycznych. Jego wykorzystanie podczas szkolenia umożliwia analizę wielu sytuacji, które podczas treningu z wykorzystaniem realnych obiektów byłoby trudne do wykonania ze względu na wysokie koszty ekonomiczne oraz trudne do oszacowania koszty społeczne, tj.: koszty zużycia paliwa, amortyzacji sprzętu, kosztów prowadzenia działań oraz wyłączenia ruchu pojazdów. Nowy moduł daje również możliwość powtarzalności niektórych elementów ćwiczeń. Zastosowanie tego typu oprogramowania symulacyjnego do szkolenia może stanowić uzupełnienie ćwiczeń praktycznych oraz otwiera drogę do prowadzenia dalszych prac i badań w zakresie nowych narzędzi komputerowych do prowadzenia szkoleń, poprawiających skuteczność realizacji działań gaśniczych przez służby ratownicze PSP.

1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE PRZY BUDOWIE MODELU I DANE WEJŚCIOWE

Obecnie najbardziej popularnym sposobem dostarczania wody na duże odległości do celów gaśniczych jest system dowożenia angażujący dużą ilość samochodów gaśniczych (około 80% zdarzeń). Takie rozwiązanie jest stosunkowo wygodne dla prowadzących działania ratowniczo-gaśnicze, gdyż wykorzystywane są wówczas standardowe pojazdy straży pożarnej znajdujące się na wyposażeniu Jednostek Ratowniczo-Gaśniczych (JRG). Jednak przy mniejszych odległościach pomiędzy źródłem czerpania wody, a miejscem pożaru można rozważyć zastosowanie innej metody dostarczania wody na duże odległości tj. przetłaczania („pompa-pompa”). Wariant dostarczania wody na duże odległości za pomocą metody przetłaczania wymaga zastosowania odpowiednich systemów pompowo-węzowych podczas budowy, których zachodzi konieczność budowania magistrali węzowej [1,2,3].

Jednak nie wymaga on angażowania tak dużej ilości samochodów i ludzi, jak w przypadku dowożenia, a koszty paliwa są w takim przypadku znacznie mniejsze.

Program do symulacji przetłaczania wody na duże odległości został napisany przy wykorzystaniu języka programowania Delphi w wersji Borland Delphi 2005. Baza danych współpracująca z programem została oparta na nowoczesnej SQL – owej bazie (oprogramowanie typu Open Source) o nazwie Firebird w wersji 2.0 wzorowanej na oryginalnym narzędziu Interbase 6.0 wyprodukowanym przez firmę Borland. Narzędzia zastosowane przy tworzeniu programu umożliwiły powstanie produktu, który spełnia wszystkie założone wymagania zarówno funkcjonalne jak i graficzne.

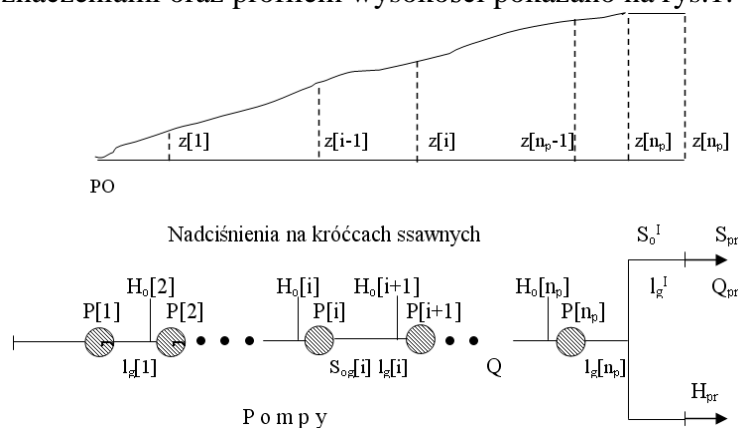
Do opracowania modelu matematycznego układu przetłaczania przyjęto następujące założenia:

1. Układ przetłaczania składa się z linii tłocznych zbudowanych z węży typu W75 lub W110 zakończonych symetrycznym układem gaśniczym.
2. Pompy są połączone szeregowo za pomocą linii tłocznych.
3. W układzie można zastosować maksimum 5 pomp.
4. Długość przetłaczania została zdefiniowana jako suma maksymalnych długości linii tłocznych i linii głównej (odległość pomiędzy króćcem tłocznym pierwszej pompy a rozdzielaczem). Uwzględniono praktyczny zwiększenie długości węża spowodowane nierównościami terenu, przeszkodami itp. poprzez wprowadzenie przez użytkownika założonej poprawki na całkowitą długość linii tłocznej.
5. Do budowy układu zastosowano następujący sprzęt:
 - a. pompy strażackie typu M8/8 i M16/8,
 - b. węże pożarnicze typu W75 do budowy linii tłocznych i linii głównej oraz W52 do budowy linii gaśniczych,
 - b) rozdzielacz grzybkowy,
 - c) prądownice typu PW52 o średnicy pyszczka $d=13$ mm ($S_{pr}=2,98$ ms²/dm⁶) lub $d=12$ mm ($S_{pr}=3,89$ ms²/dm⁶).

Wartości charakterystyczne dla ww. sprzętu podano w pracy [7].

6. Układ przetłaczania jest idealnie szczelny (brak przecieków).
7. Pominięto straty przepływu związane np. z załamaniem węży pożarniczych.
8. Założono ciągły przepływ wody ze stałym wydatkiem Q w układzie przetłaczania.
9. Założono, że ilość węży tłocznych jest wystarczająca do zbudowania zaprojektowanego układu.

Ogólny schemat przykładowego układu przetłaczania wody na duże odległości wraz z odpowiednimi oznaczeniami oraz profilem wysokości pokazano na rys.1.



Rys. 1. Ogólny schemat przykładowego układu przetłaczania wody na duże odległości wraz z profilem wysokości (PO – poziom odniesienia, na którym znajduje się 1-sza pompa)

Poniżej podano procedury obliczeniowe zastosowane w modelu matematycznym:

1) równanie pierwszej pompy P[1]

$$S_{og}[1] l_g[1] \cdot Q^2 + H_o[2] + z[1] = a[1] - b[1] \cdot Q^2 \quad (1)$$

gdzie: $a[1] = H_{max}[1]$,

$$b[1] = H_{max}[1] / (Q_{max}[1])^2,$$

$$Q = F_p I_z.$$

2) równanie i-tej pompy P[i] (i=2...n_p-1):

$$S_{og}[i] l_g[i] \cdot Q^2 + H_o[i+1] + z[i] - z[i-1] = a[i] - b[i] \cdot Q^2 \quad (2)$$

gdzie: $a[i] = H_{max}[i] + H_o[i]$,

$$b[i] = (H_{max}[i] + H_o[i]) / (Q_{max}[i])^2$$

2) równanie ostatniej pompy P[n_p]

$$S_z Q^2 + z[n_p] - z[n_p - 1] = a[n_p] - b[n_p] Q^2 \quad (3)$$

gdzie: $a[n_p] = H_{max}[n_p] + H_o[n_p]$,

$$b[n_p] = (H_{max}[n_p] + H_o[n_p]) / (Q_{max}[n_p])^2$$

$$S_z = S_{og}[n_p] \cdot l_g[n_p] + \frac{S_r + S_{pr} + S_g^I \cdot l_g^I}{n_g^2}$$

Na podstawie (1) po wykonaniu odpowiednich przekształceń otrzymano maksymalną długość linii tłocznej łączącej pierwszą i drugą pompę:

$$l_g[1] = \frac{a[1] - b[1] \cdot Q^2 - H_o[2] - z[1]}{S_{og}[1] \cdot Q^2} \quad (4)$$

Na podstawie (2) po wykonaniu odpowiednich przekształceń otrzymano maksymalne długości linii tłocznych łączących i-tą i i+1-szą pompę:

$$l_g[i] = \frac{a[i] - b[i] \cdot Q^2 - H_o[i+1] - z[i] + z[i-1]}{S_{og}[i] \cdot Q^2} \quad (5)$$

dla $i = 2..n_p - 1$

Na podstawie (3) po wykonaniu odpowiednich przekształceń otrzymano maksymalną długość linii głównej łączącej ostatnią pompę z układem gaśniczym:

$$l_g[n_p] = \frac{a[n_p] - b[n_p] \cdot Q^2 - z[n_p] + z[n_p - 1]}{S_{og}[n_p] \cdot Q^2} - \frac{S}{S_{og}[n_p]} \quad (6)$$

$$\text{gdzie: } S = \frac{S_r + S_{pr} + S_g^I l_g^I}{n_g^2}$$

Ponieważ w praktyce mamy do dyspozycji tylko 20-metrowe odcinki węży pożarniczych, wartości uzyskane na podstawie zależności (4),(5) i (6) muszą spełniać następujący warunek matematyczny:

$$l_{gm}[i] = ENT\left(\frac{l_g[i]}{20}\right) \cdot 20 \quad (7)$$

Powyższy zapis oznacza, że uzyskane długości linii tłocznych powinny być liczbami całkowitymi będącymi wielokrotnością liczby 20. Ostatecznie maksymalna długość linii węzowej, która umożliwi przetłoczenie wody przy założonym wydatku Q i danym rozwinięciu gaśniczym wynosi:

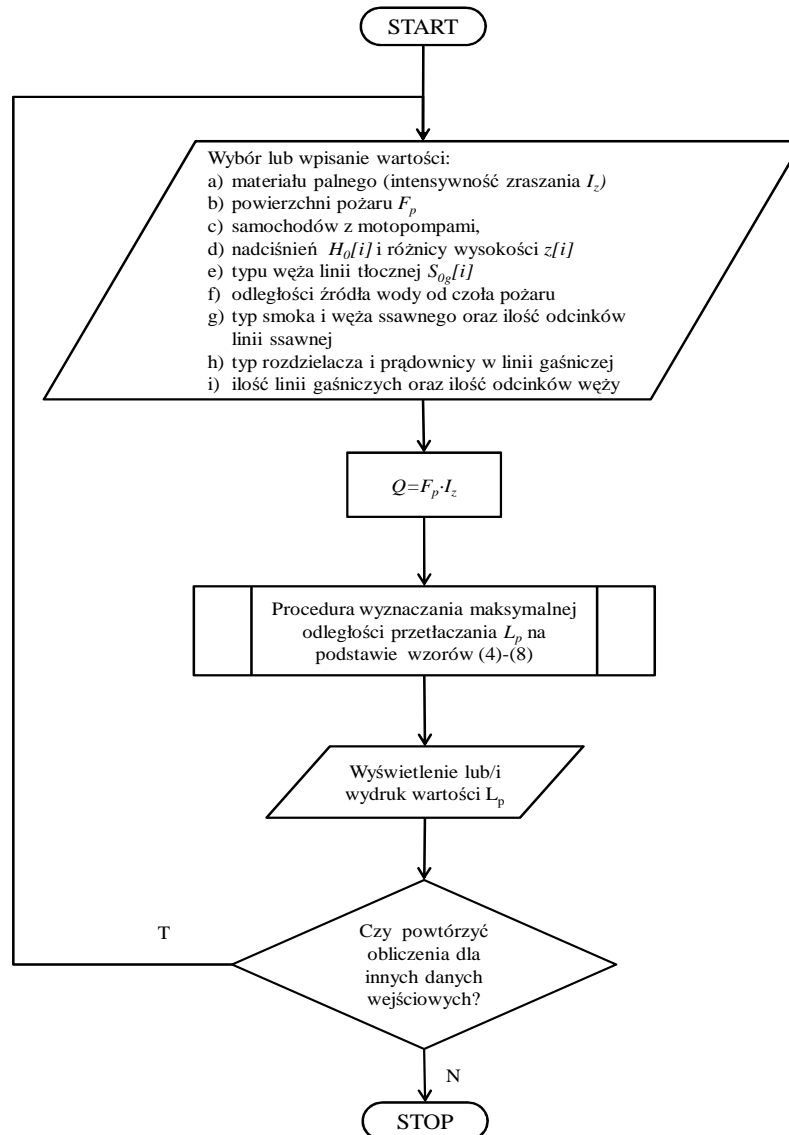
$$L_p = \sum_{i=1}^{n_p} l_{gm}[i] \quad (8)$$

Zamieszczone w niniejszym rozdziale algorytmy obliczeniowe dla układu przetłaczania wody stanowiły punkt wyjścia do opracowania modelu cyfrowego, a następnie napisania na jego podstawie programu komputerowego. Ogólny schemat algorytmu realizowanego przez komputer po naciśnięciu przycisku „Wyznacz konfigurację”, pod warunkiem wprowadzenia przez użytkownika wszystkich niezbędnych danych, przedstawiono na rys.2.

Podstawowym celem programu komputerowego jest obliczenie maksymalnej odległości przetłaczania wody L_p w m przy następujących danych wejściowych:

- a) typy węży głównej linii tłocznej ($S_{og}[i]$),
- b) ilość posiadanych motopomp n_p , gdzie: $1 \leq n_p \leq 5$
- c) typ motopomp $P[i]$, gdzie: $1 \leq i \leq n_p$,
- d) nadciśnienia $H_o[i]$, gdzie: $2 \leq i \leq n_p$,
- e) wysokości $z[i]$, gdzie: $1 \leq i \leq n_p$,
- f) typ smoka i rodzaj węża linii ssawnej oraz ilość odcinków węży,
- g) liczba węży w linii gaśniczej n_g ,
- h) typ i długość węża linii gaśniczej (S_g^I, l_g^I),
- i) typ rozdzielacza (S_r)
- j) typ prądownic (S_{pr}).

Ilość i typ pomp a także pozostałego sprzętu gaśniczego jest zależny od wyposażenia wybranych samochodów pożarniczych, które uczestniczą w akcji.



Rys.2. Ogólny schemat blokowy algorytmu programu głównego

2. PODSTAWOWE FUNKCJE PROGRAMU

W programie do symulacji podawania wody na duże odległości, po wybraniu opcji „Przesyłanie wody” w głównym menu można wybrać jedną z metod podawania wody: „Przetłaczanie” (pierwsza podopcja), „Przepompowywanie” (druga podopcja) i „Dowożenie” (trzecia podopcja). Poniżej opisano funkcjonalność programu po wybraniu podopcji „Przetłaczanie”.

Po wybraniu tej podopcji należy w kolejnych oknach-zakładkach wpisać następujące dane wejściowe:

- a) w oknie „Dane pożaru” pokazanym na rys. 3 wybrać z rozwijanej listy materiał lub obiekt palny, wylosować lub wpisać następujące parametry: wartość prędkości liniowej rozprzestrzeniania się pożaru, intensywność podawania wody oraz powierzchnię pożaru lub czas trwania i maksymalną powierzchnię pożaru w zależności od wybranej opcji,

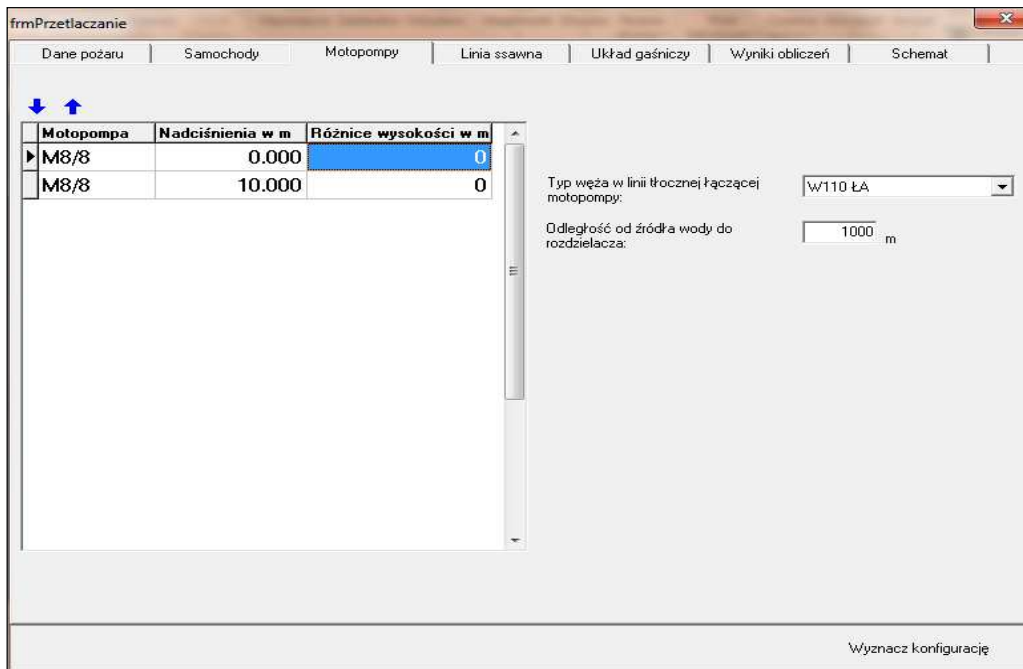
Rys. 3. Widok okna „Dane pożaru” podopcji „Przetłaczanie”

- b) w oknie „Samochody” pokazanym na rys. 4 należy wybrać z górnej listy samochody posiadające motopompy, które planujemy użyć do budowy linii tłocznej. Wyboru dokonuje się poprzez podświetlenie wybranego samochodu a następnie kliknięcie przycisku ze strzałką skierowaną w dół. Usunięcie samochodu z dolnej listy następuje po kliknięciu przycisku ze strzałką skierowaną w górę,
- c) w oknie „Motopompy” pokazanym na rys. 5 wprowadzamy wartości naciśnień wyrażonych w [m] na kolejnych motopompach (za wyjątkiem pierwszej) oraz względne różnice wysokości pomiędzy poziomami, na których umieszczono kolejne motopompy. Kolejność motopomp na liście odpowiada kolejności ich ustawienia od stanowiska czerpania wody w kierunku pożaru. Kolejność tę można zmienić przy pomocy przycisków ze strzałkami umieszczonymi nad listą. Ponadto w oknie tym wybieramy z listy rozwijanej typ węża zastosowanego w linii tłocznej (W110 lub W75) oraz odległość źródła wody od rozdzielacza, do którego są podłączone linie gaśnicze,

Oznaczenie	Stare oznaczenie	Typ	Motopompa
PN-EN 1846-1 C -1 - 3- 8200 - 10/32 -0	GCBA 8.2/32 TATRA 815T	ciężki	M8/8 PD8
PN-EN 1846-1 M 2-6-2500-10/1600-0	GBA 2.5/16 004 JELCZ	średni	M8/8 PD8
PN-EN 1846-1 M-1-6-2000-8/2400-1	GBA-2/24	średni	M8/8
PN-EN 1846-1 M-1-6-2000-8/2400-1	GBA 2/24 MAN	średni	M8/8
PN-EN 1846-1 M-1-6-2000-8/2400-1	GBA-2/24	średni	M8/8 PD8
PN-EN 1846-1 S-1-6-4000-8/3200-0	GCBA 10/16 MAGIRUS	ciężki	M8/8
PN-EN 1846-1 S-1-6-4000-8/3200-0	GCBA 10/16 MAGIRUS	ciężki	M8/8 PD8
PN-EN 1846-1 S-2-6-4000-8/3200-0	GCBA-4/32	ciężki	M8/8
PN-EN 1846-1 S-2-6-4000-8/3200-0	GCBA 5/24 JELCZ 014	ciężki	M8/8

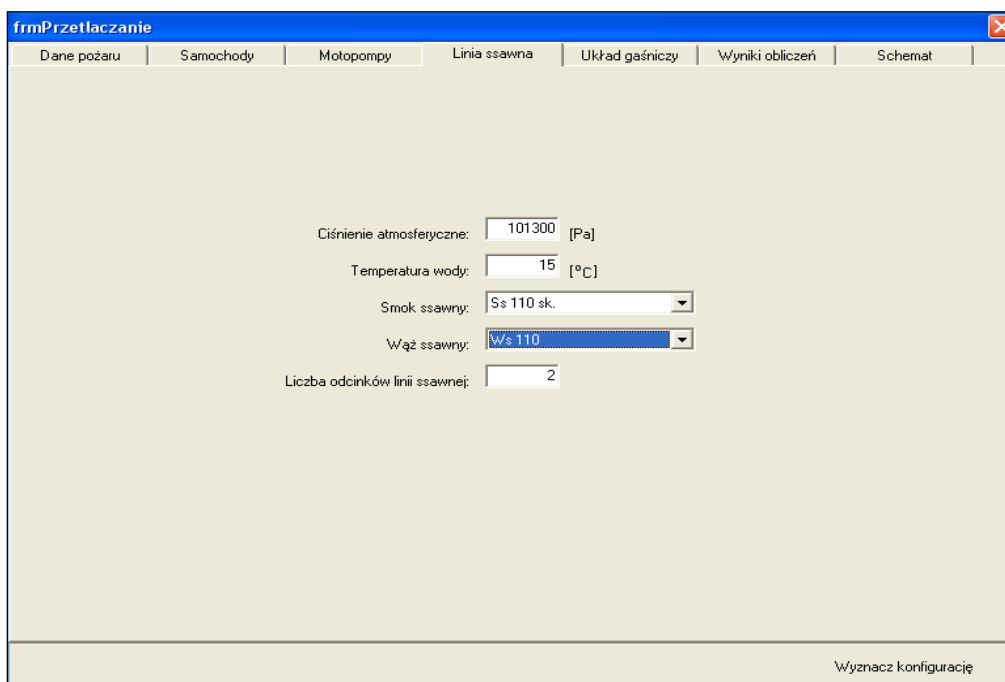
Oznaczenie	Stare oznaczenie	Typ	Motopompa
PN-EN 1846-1 M-1-6-2000-8/2400-1	GBA-2/24	średni	M8/8
PN-EN 1846-1 S-2-6-4000-8/3200-0	GCBA-4/32	ciężki	M8/8

Rys. 4. Widok okna „Samochody” podopcji „Przetłaczanie”

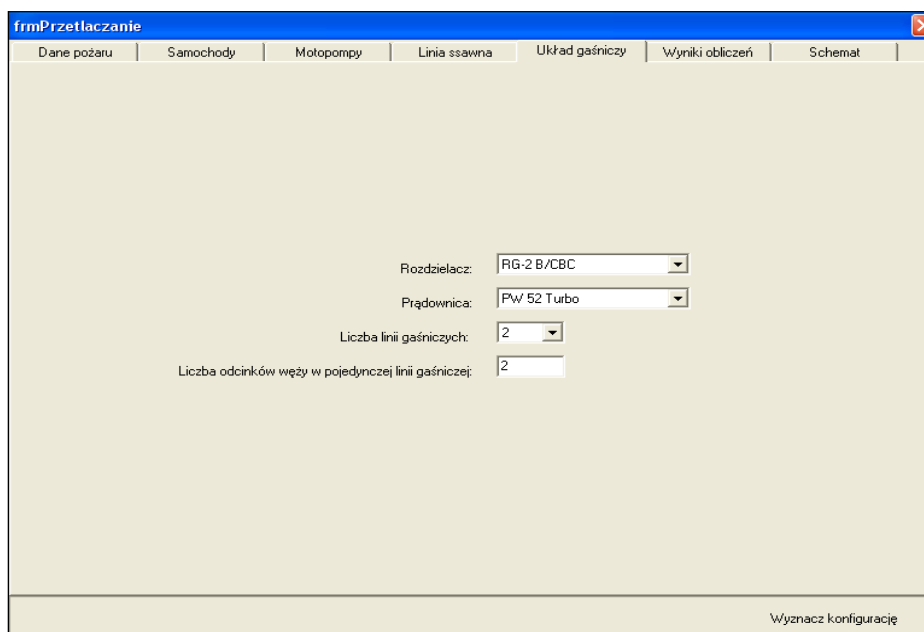


Rys. 5. Widok okna „Motopompy” podopcji „Przetłaczanie”

- d) w oknie „Linia ssawna” pokazanym na rys. 6 wprowadzamy dane, które są potrzebne do wyznaczenia maksymalnej wysokości zasysania takie jak: ciśnienie atmosferyczne (domyślna wartość 101300 Pa), temperatura wody (domyślna wartość 15°C), typ smoka i węża ssawnego wybierane z list rozwijanych oraz ilość odcinków linii ssawnej,
- e) w oknie „Układ gaśniczy” pokazanym na rys. 7 wprowadzamy dane, które są potrzebne do wyznaczenia oporności zastępczej układu gaśniczego takie jak: typ rozdzielacza i prądownicy z list rozwijanych oraz ilość linii gaśniczych i odcinków węży W52 zastosowanych w pojedynczej linii.



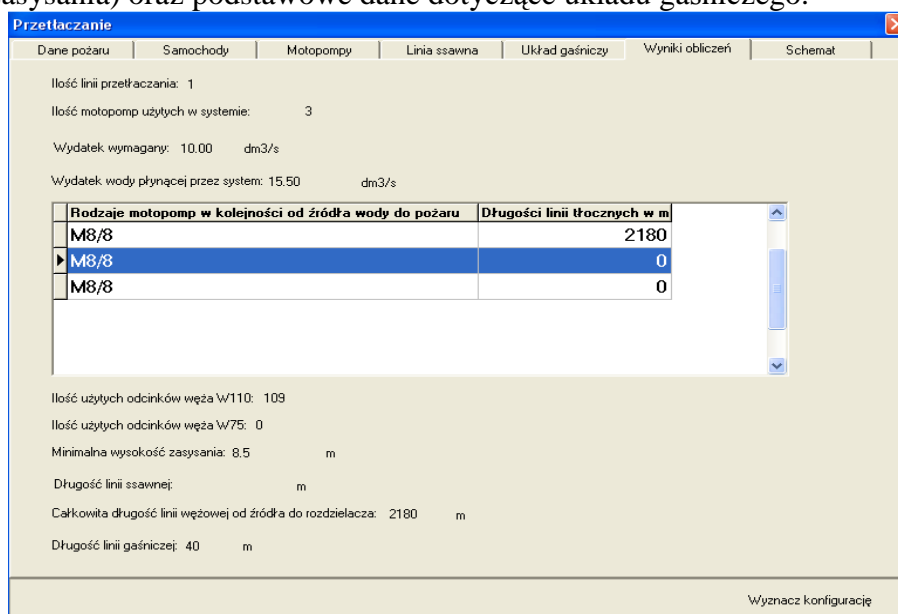
Rys. 6. Widok okna „Linia ssawna” podopcji „Przetłaczanie”



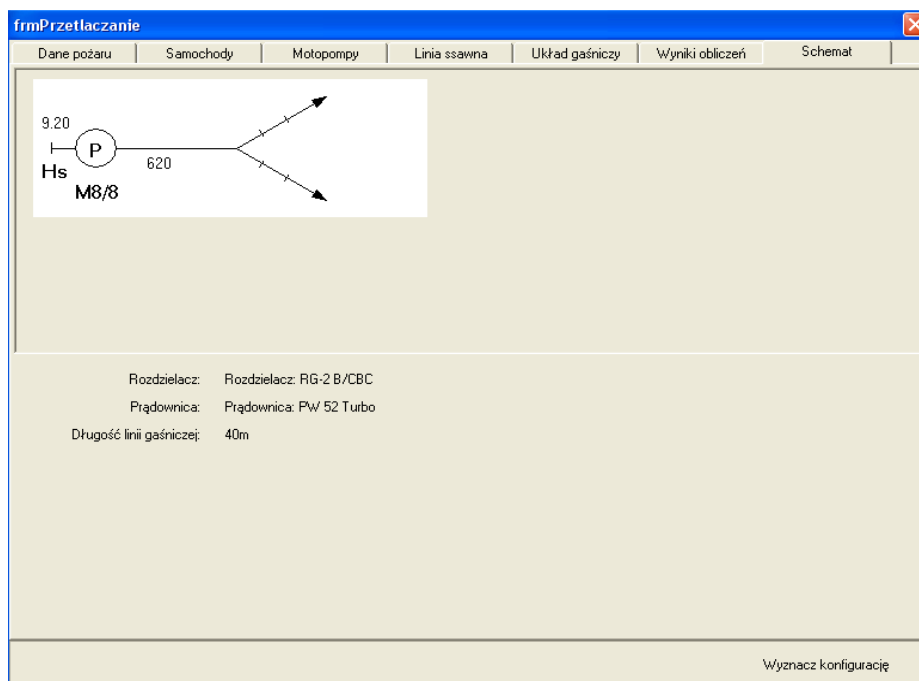
Rys. 7. Widok okna „Układ gaśniczy” podopieczni „Przetłaczanie”

Po wpisaniu wszystkich ww. danych (program komunikuje użytkownika o braku istotnej danej) i kliknięciu przycisku „Wyznacz konfigurację” po spełnieniu szeregu warunków takich jak odpowiednia ilość posiadanych wężu, wydatek w linii większy od wymaganego itd. w oknie „Wyniki obliczeń” pokazanym na rys. 8 pojawiają się następujące wartości wynikowe: długości linii tłocznych podłączonych do poszczególnych motopomp, wymagana ilość linii przetłaczania, wydajność wody wymagana i rzeczywista, maksymalna wysokość zasysania, ilość odcinków węża tłoczego użyta do budowy linii, długość linii ssawnej, całkowita długość linii tłocznej od źródła do rozdzielacza. Jeżeli do budowy linii wystarczy mniejsza ilość motopomp niż widnieje w wykazie, wówczas obok nazwy motopompy pojawia się wartość zerowa.

W oknie zakładki „Schemat” pokazanym na rys. 9 jest wyświetlany schemat zaprojektowanego układu przetłaczania (typy motopomp, długości linii tłocznej, maksymalna wysokość zasysania) oraz podstawowe dane dotyczące układu gaśniczego.



Rys. 8. Widok okna „Wyniki obliczeń” podopieczni „Przetłaczanie”



Rys. 9. Widok okna „Schemat” podopcji „Przetłaczanie”

PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

W pracy zaprezentowano narzędzie informatyczne, które może być przeznaczone zarówno do badania wpływu różnych konfiguracji sprzętowych na maksymalną odległość przesyłania wody przy pomocy metody przetłaczania, jak również do szkolenia strażaków w zakresie doboru optymalnych długości linii tłocznych w układzie pompa-pompa przy konieczności podawania wody w przypadkach, kiedy odległość pomiędzy jej źródłem a pożarem jest znaczna np. podczas pożaru lasów. Program umożliwia w sposób intuicyjny wprowadzić niezbędne dane wejściowe, komunikuje o ewentualnym ich braku oraz pozwala na wyświetlenie w sposób przejrzysty informacji wyjściowej np. w postaci zestawu wartości a także schematu graficznego.

Na podstawie rozważań teoretycznych oraz doświadczeń związanych z użytkowaniem przedmiotowego programu można sformułować następujące wnioski:

1. Program stanowi dobre narzędzie służące do prowadzenia ćwiczeń teoretycznych oraz przy analizie zadanych rozwinięć, w celu wyznaczenia maksymalnej odległości na jaką można przesłać wodę stosując metodę: przetłaczania przy zadanych warunkach pożarowych i posiadanym sprzęcie pożarniczym (motopompy, węże, prądownice, rozdzielacze itp.).
2. Przy pomocy tego programu można przeprowadzić praktycznie bezkosztowe badanie wpływu parametrów zastosowanego sprzętu pożarniczego na maksymalną odległość, na jaką można podać wodę metodą przetłaczania.
3. Zasadne jest w przyszłości dodanie do programu dodatkowych informacji np. o położeniu i ukształtowaniu terenu oraz możliwościach podawania wody na miejsce akcji. Ponieważ w programie uwzględniono tylko zastosowanie motopomp, celowe wydaje się jego rozszerzenie na autopompy, które są stosowane najczęściej w systemach przepompowywania.
4. Celowe wydaje się opracowanie i uwzględnienie w programie modelu rozwoju pożaru, na podstawie którego możnaby było modyfikować wymaganą wartość intensywności podawania wody.
5. Ważnym elementem jest opracowanie i wdrożenie w Polsce symulatora do szkolenia strażaków oraz innych służb ratowniczych w zakresie działań ratowniczo-gaśniczych

w różnego rodzaju obiektach z uwzględnieniem różnych scenariuszy rozwoju sytuacji kryzysowych. Jest to zgodnie z działaniami w tym zakresie wielu krajów Unii Europejskiej.

ANALYSIS OF COMPUTER PROGRAM USED FOR SIMULATION OF WATER PUMPING SYSTEM

Abstract

Due to the high cost of laboratory and full scale fire hose lines tests more often computer program for simulation of such system are implemented. Unique computer program of water pumping system parameters was presented in this paper. Algorithms applied in the program are also given. Advantages and disadvantages of the program are discussed.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamski A., Król B.: *Techniczne aspekty zaopatrzenia wodnego*, materiały konferencyjne „Tendencje rozwojowe w technikach ratowniczych i wyposażeniu technicznym, Kraków 2009 r.
2. Adamski A.: *Nowoczesne systemy zaopatrzenia wodnego*. Materiały konferencyjne „Tendencje rozwojowe w technikach ratowniczych i wyposażeniu technicznym”, Kraków 2006 r.
3. Bielicki P.: *Podstawy taktyki gaszenia pożarów*, Wyd. SAPSP Kraków 1996.
4. Derecki T.: *Sprzęt pożarniczy do podawania wody i pian gaśniczych*, Wyd. SGSP, Warszawa 1999.
5. Gałaj J., Drzymała T.: *Analiza możliwości programu komputerowego przeznaczonego do symulacji taktycznych rozwinięć linii węzowych z samochodów pożarniczych*, Logistyka nr 6/2011.
6. Gałaj J.: *Wyznaczanie parametrów układów linii węzowych przy zastosowaniu współczesnej techniki komputerowej*. Zeszyty Naukowe SGSP, nr 24. Warszawa 2000.
7. Gil P., Placek P.: *Armatura wodna i pianowa*, Wyd. CSPSP, Częstochowa 2003.
8. Kamiński A.: *Sytuacje pożarowe, siły i środki niezbędne w działaniach taktycznych*, Wyd. SGSP, Warszawa 1998.
9. Praca zbiorowa, *Ćwiczenia doskonalące z zakresu wyszkolenia taktycznego dla zawodowych i ochotniczych straży pożarnych*, Wyd. ZG SBG KGSP, Warszawa 1986.
10. *Wymagania ogólne dla samochodów ratowniczo – gaśniczych*, KG PSP – CNBOP – czerwiec 2002.
11. *Wymagania szczegółowe dla samochodów ratowniczo – gaśniczych*, KG PSP – CNBOP – czerwiec 2002.
12. Katalog Świdnickiej Fabryki Urządzeń Przemysłowych S.A.
13. Karty katalogowe Zakładu Produkcyjnego Budowy Pojazdów Specjalnych Zbigniew Szczeńniak. Wydanie III 2004.
14. Karty katalogowe firmy Rosenbauer.

Autorzy:

dr inż. Jerzy GAŁAJ– Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie

dr inż. Tomasz DRZYMAŁA– Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie