

st. kpt. dr inż. Tomasz DRZYMAŁA
Zakład Podstaw Budownictwa i Materiałów Budowlanych, SGSP
bryg. dr inż. Jerzy GAŁAJ
Zakład Hydromechaniki i Przeciwpozarowego Zaopatrzenia w Wodę, SGSP

Omówienie i ocena programu przeznaczony do symulacji taktycznych rozwinięć linii węzowych z samochodów pożarniczych

Omówienie
LEAD

W artykule zaprezentowano możliwości komputerowego programu do badania taktycznych rozwinięć linii węzowych z samochodów pożarniczych. Ze względu na wysokie koszty badań laboratoryjnych i poligonowych, analizę taktycznych układów gaśniczych prowadzi się obecnie coraz częściej przy zastosowaniu specjalistycznych programów komputerowych, za pomocą których przeprowadza się ich symulację. Jedyny w Polsce tego typu program został opracowany, przetestowany i zaimplementowany w laboratorium Hydromechaniki w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Umożliwia on wyznaczenie wszystkich istotnych parametrów rozwinięć linii węzowych z wybranych samochodów gaśniczych przy zadanych warunkach początkowych pożaru wybranego obiektu. Na końcu pracy zamieszczono podsumowanie zawierające ocenę możliwości przedmiotowego programu oraz plany związane z jego rozwojem w przyszłości.

Słowa kluczowe: gaszenie pożarów, taktyczne rozwinięcia linii węzowych, samochody gaśnicze, symulacja komputerowa, systemy gaśnicze, ochrona przeciwpożarowa, pompy pożarnicze.

Wstęp

Zaletą symulacji numerycznych jest możliwość stosunkowo łatwego i szybkiego, a przede wszystkim taniego, przeanalizowania wpływu różnych konfiguracji układów dla różnych scenariuszy pożarowych. Taktyczne układy rozwinięć linii węzowych stosuje się przede wszystkim podczas prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczych. W zależności od wielkości pożaru i posiadanego sprzętu są one mniej lub bardziej skomplikowane. W praktyce najczęściej stosuje się układy składające się z linii głównej i jednej do dwóch linii gaśniczych, zasilanych pojedynczą pompą pożarniczą [1]. Ograniczenie do dwóch linii wynika z maksymalnej liczby sześciu strażaków stanowiących załogę jednego samochodu. Przy więk-

szych pożarach istnieje konieczność zastosowania większej liczby prądów gaśniczych. Teoretycznie z jednego samochodu posiadającego dwie nasady 75, działko oraz linię szybkiego natarcia można podać sześć prądów gaśniczych. Ze względu na czynnik ludzki praktycznie można podać tylko cztery prądy.

Za pomocą prezentowanego 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. Prezentowany program ma możliwość generowania wyników symulacji przesyłania wody na duże odległości przy pomocy metody przetłaczania, przepompowywania lub dowożenia, jednak ze względu na ograniczoną objętość niniejszego artykułu, ta tematyka nie będzie w nim poruszana. Zmiany zadanej wielkości (np. różnicy wysokości, powierzchni pożaru, odległości) oraz wpływ wybranego lub wybranych czynników (np. sprzętu, odległości miejsca pożaru) mają przełożenie na konfigurację i parametry zadanego systemu na konfigurację i parametry rozwinięcia gaśniczego.

Z uwagi na konieczność praktycznego przygotowania przyszłych strażaków do prowadzenia działań gaśniczych, program może być dobrym narzędziem do prowadzenia ćwiczeń doskonalących. Przy analizie rozwinięć w celu wyznaczenia optymalnych rozwinięć gaśniczych przy zadanym pożarze i posiadanym sprzęcie ratowniczo-gaśniczym generuje on wyniki zarówno w postaci numerycznej, jak i graficznej. Ponadto umożliwia badanie wpływu wielkości pożaru i posiadanego sprzętu ratowniczo-gaśniczego na parametry robocze układu podawania wody lub piany ciężkiej, takie jak: ciśnienia i wydatki na pompie i prądownicach, wysokości wzlotu, wysokości prądu zwartego lub rozproszonego i maksymalne zasięgi prądownic.

Wykaz ważniejszych oznaczeń:

| | |
|--------------|---|
| Q_w | – wymagany wydatek środka gaśniczego [dm^3/s] |
| F_p | – powierzchnia pożaru [m^2] |
| F_o | – maksymalna powierzchnia obiektu [m^2] |
| I_p | – intensywność powierzchniowa podawania wody [$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ s})$] |
| D_p | – średnica pożaru kołowego [m] |
| V_L | – średnia prędkość liniowa rozprzestrzeniania się pożaru [m/s] |
| t | – czas trwania pożaru do chwili rozpoczęcia gaszenia [s] |
| n_s | – liczba samochodów ratowniczo-gaśniczych będących w dyspozycji |
| $Q_n 75$ [i] | – wydajność nominalna prądownicy 75 [dm^3/s] |
| $Q_n 52$ [i] | – wydajność nominalna prądownicy 52 [dm^3/s] |
| $p_n 75$ [i] | – ciśnienie nominalne prądownicy 75 [MPa] |
| $p_n 52$ [i] | – ciśnienie nominalne prądownicy 52 [MPa] |
| S_{75} | – oporność wewnętrzna węża W75 [s^2/dm^6] |
| S_{52} | – oporność wewnętrzna węża W52 [s^2/dm^6] |
| S_r | – oporność wewnętrzna rozdzielacza [ms^2/dm^6] |

- $D_s[i]$ – odległość i-tego samochodu od frontu pożaru [m]
 $D_w[i]$ – wymagana minimalna długość rozwinięcia linii gaśniczej z i-tego samochodu [m]
 $z_1[i]$ – różnica wysokości pomiędzy i-tym samochodem a rozdzielaczem (ami) [m]
 $z_2[i]$ – różnica wysokości pomiędzy rozdzielaczem (rozdzielaczami) a prądownicami dla i-tego samochodu [m]
 $l_{w75 \max}[i]$ – liczba odcinków 20-metrowych węży W75, w które został wyposażony i-ty samochód
 $l_{w52 \max}[i]$ – liczba odcinków 20-metrowych węży W52, w które został wyposażony i-ty samochód
 $l_{p75 \max}[i]$ – liczba prądownic PW75, w które został wyposażony i-ty samochód
 $L_{z75}[i]$ – rzut prądu zwartego prądownicy PW75 [m]
 $l_{p52 \max}[i]$ – liczba prądownic PW52, w które został wyposażony i-ty samochód
 $L_{z52}[i]$ – rzut prądu zwartego prądownicy PW52 [m]
 $l_{r \max}[i]$ – liczba rozdzielaczy 75/52, w które został wyposażony i-ty samochód
 $l_{prz \max}[i]$ – liczba przełączników 75/52, w które został wyposażony i-ty samochód
 $l_{n75}[i]$ – liczba nasad 75 i-tego samochodu
 n_{gw} – liczba wszystkich prądów gaśniczych wymagana dla danego pożaru
 $n_{g \max}[i]$ – maksymalna liczba prądów gaśniczych uzyskiwanych z i-tego samochodu
 $n_g[i]$ – liczba prądów gaśniczych rozwijanych z i-tego samochodu
 $l_{w75}[i]$ – liczba odcinków 20-metrowych węży W75, użyta do rozwinięcia gaśniczego i-tego samochodu
 $l_{w52}[i]$ – liczba odcinków 20-metrowych węży W52, użyta do rozwinięcia gaśniczego i-tego samochodu
 $l_{p75}[i]$ – liczba prądownic PW75, użyta w rozwinięciu gaśniczym z i-tego samochodu
 $l_{p52}[i]$ – liczba prądownic PW52, użyta w rozwinięciu gaśniczym z i-tego samochodu
 $l_r[i]$ – liczba rozdzielaczy 75/52-75-52, użyta w rozwinięciu gaśniczym z i-tego samochodu
 $l_{prz}[i]$ – liczba przełączników 75/52, użyta w rozwinięciu gaśniczym z i-tego samochodu
 $D_{52}[i]$ – długość pojedynczej linii gaśniczej użyta w rozwinięciu gaśniczym z i-tego samochodu
 $D_{75}[i]$ – długość pojedynczej linii głównej użyta w rozwinięciu gaśniczym z i-tego samochodu
 $n_{52}[i,j]$ – liczba linii gaśniczych podłączonych do j-tej linii głównej i-tego samochodu

| | |
|----------------|--|
| $Q_{pr} [i,j]$ | – wydajność rzeczywista prądownicy w j-tej linii głównej w rozwinięciu z i-tego samochodu [dm^3/s] |
| $H_{pr} [i,j]$ | – wysokość ciśnienia na prądownicy j-tej linii głównej i-tego samochodu [m] |
| $H_{wzl}[i,j]$ | – wysokość wlotu prądu rozproszonego prądownicy j-tej linii głównej i-tego samochodu [m] |
| $H_{zw} [i,j]$ | – wysokość wlotu prądu zwartego prądownicy j-tej linii głównej i-tego samochodu [m] |
| $L [i,j]$ | – maksymalny zasięg prądownicy j-tej linii głównej i-tego samochodu [m] |
| $Q_p [i]$ | – wydajność rzeczywista pompy w rozwinięciu z i-tego samochodu [dm^3/s] |
| $H_p [i]$ | – wysokość podnoszenia pompy w rozwinięciu z i-tego samochodu [dm^3/s] |
| $H_r [i]$ | – wysokość ciśnienia na rozdzielaczu w rozwinięciu z i-tego samochodu [dm^3/s] |
| $n[i]$ | – obroty pompy i-tego samochodu [obr/min] |
| $n_n[i]$ | – obroty nominalne pompy i-tego samochodu [obr/min] |
| $n_{max}[i]$ | – obroty maksymalne pompy i-tego samochodu [obr/min] |
| $n_{min}[i]$ | – obroty minimalne pompy i-tego samochodu [obr/min] |
| $H_{pn}[i]$ | – nominalna wysokość podnoszenia pompy i-tego samochodu [m] |
| $Q_{pn}[i]$ | – wydatek nominalny pompy i-tego samochodu [l/min] |
| $H_{p max}[i]$ | – maksymalna wysokość podnoszenia pompy i-tego samochodu [m] |
| $Q_{p max}[i]$ | – wydatek maksymalny pompy i-tego samochodu [l/min] |

1. Założenia przyjęte przy budowie modelu i dane wejściowe

Przy budowie modelu taktycznego rozwinięcia linii węzowych z samochodów gaśniczych przyjęto następujące założenia do programu komputerowego:

1. Gaszenie odbywa się przy wykorzystaniu wody lub piany ciężkiej jako środka gaśniczego.
2. Założono maksymalnie jeden poziom linii gaśniczych oraz ze względu na ograniczoną liczbę ratowników maksymalnie dwie linie gaśnicze podłączone do jednego rozdzielacza.
3. Założono nieograniczony zapas wody, co oznacza, że dostępne zasoby wody pozwalają na całkowite ugaszenie pożaru.
4. Rozważano jako formę działania taktycznego tylko natarcie.
5. Zastosowano trzy standardowe typy samochodów gaśniczych: lekki, średni, ciężki.
6. Węże są prowadzone jak najkrótszą drogą w kierunku czoła pożaru.
7. Przyjęto równomierne kołowe rozprzestrzenianie się pożaru.
8. Przyjęto, że powierzchnia gaszenia jest równa powierzchni pożaru.

9. Do linii gaśniczych pojedynczego samochodu mogą być podłączone prądownice tylko tego samego typu.
10. Podawane mogą być dwa rodzaje prądów: zwarty i rozproszony.
11. Linie gaśnicze i linie główne w tym samym rozwinięciu posiadają taką samą liczbę odcinków węży (długości wszystkich linii gaśniczych są takie same, to samo dotyczy linii głównych).
12. Różnice wysokości pomiędzy samochodem, a wszystkimi rozdzielaczami oraz pomiędzy wszystkimi rozdzielaczami, a liniami gaśniczymi jest taka sama.
13. Do gaszenia pożaru mogą być użyte: działko stacjonarne zamontowane na samochodzie (wodne lub wodno-pianowe), linia(e) szybkiego natarcia oraz prądownice 52 (wodne lub wodno-pianowe).
14. Przy obliczaniu strat pominięto oporności przełączników.
15. Nierówności i przeszkody w terenie mające wpływ na długość rozwinięcia linii wężowych uwzględniono w postaci odpowiedniej poprawki, której wartość nie może przekraczać 20% odległości samochodu od frontu pożaru.
16. Założono, że istnieje odpowiednia liczba zgodnych z normami stanowisk czerpania wody.
17. Wyznaczenie rozwinięcia taktycznego opiera się na maksymalnej zbieżności parametrów prądownicy do parametrów nominalnych, przy dopuszczalnych parametrach pracy autopompy.
18. Ze względu na brak odpowiedniego modelu rozwoju, a w szczególności gaszenia pożaru nie uwzględniono jego dynamiki podczas akcji gaśniczej.

Program do projektowania taktycznych układów rozwinięć linii wężowych z samochodów gaśniczych 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. Aby przeprowadzić niezbędne obliczenia, do programu należy najpierw wprowadzić następujące dane wejściowe związane ze sprzętem pożarniczym (słownikowa baza danych):

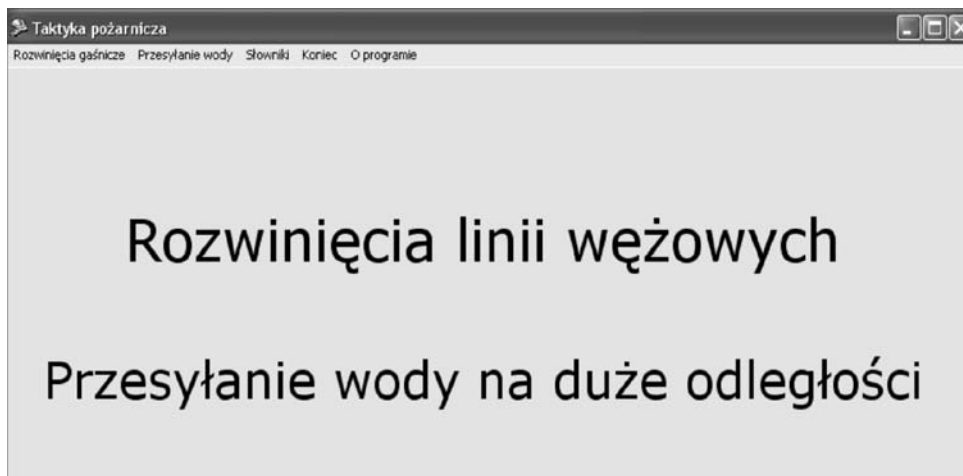
1. Producent sprzętu (nazwa, adres, kontakt, opis).
2. Norma (oznaczenie, nazwa, rok wydania, opis).
3. Wąż tłoczny (oznaczenie, producent, norma, materiał opłotu i wykładziny, długość, średnica, nominalne natężenie przepływu, ciśnienie robocze, próbné i rozrywające, oporność wewnętrzna, opis).
4. Wąż ssawny (oznaczenie, producent, norma, materiał ścianek, średnica, długość masa, nominalne natężenie przepływu, ciśnienie robocze, podciśnienie próbné, podciśnienie robocze, oporność wewnętrzna).

5. Smok ssawny (oznaczenie, producent, norma, typ, nominalne natężenie przepływu, wielkość nasady, masa, oporność wewnętrzna).
6. Rozdzielacz i zbieracz (oznaczenie, producent, norma, typ, oporność wewnętrzna, opis).
7. Przełącznik (oznaczenie, producent, norma, średnica nasady wejściowej i wyjściowej, oporność, szczelność, opis).
8. Zasysacz (oznaczenie, norma, producent, średnica nasady, ciśnienie robocze, szczelność, minimalne, nominalne i maksymalne natężenie przepływu, masa, opis).
9. Działo (oznaczenie, producent, norma, rodzaj, długość, wysokość, szerokość, masa, średnica dyszy, minimalne, nominalne i maksymalne ciśnienie robocze, liczba spienienia, wydajności minimalna, nominalna i maksymalna wody, wydajność nominalna piany, maksymalna długość rzutu strumienia zwartego, rozproszonego oraz piany, szerokość rzutu strumienia piany, opis).
10. Prądownica (oznaczenie, producent, norma, typ, rodzaj, średnica nasady, średnica dyszy, wydajności minimalna, maksymalna i nominalna, ciśnienie minimalne, maksymalne i nominalne, maksymalna długość rzutu strumienia zwartego i rozproszonego lub rzutu piany, stężenie środka pianotwórczego, liczba spienienia, opis).
11. Pompa pożarnicza (oznaczenie, producent, norma, rodzaj, liczba nasad tłocznych 75, liczba nasad tłocznych 110, wydatek minimalny, maksymalny i nominalny, wysokość podnoszenia minimalna, maksymalna i nominalna, prędkość obrotowa minimalna, maksymalna i nominalna, opis).
12. Samochód ratowniczo-gaśniczy (typ, oznaczenie, producent, norma, liczba osób załogi, pojemność zbiornika na wodę, pompa pożarnicza średniociśnieniowa i wysokociśnieniowa, działo stałe, linia szybkiego natarcia, prądownica szybkiego natarcia, liczba nasad 110 do zbiornika, liczba nasad 75 do zbiornika, opis).
13. Wyposażenie zmienne samochodu (motopompa, wąż tłoczny, wąż ssawny, smok ssawny, zasysacz, rozdzielacz, zbieracz, przełącznik lub prądownica) zawierający następujące pola: oznaczenie, nazwa producenta, liczba minimalna, liczba znajdująca się na wyposażeniu samochodu.

Wartości parametrów sprzętu pożarniczego przyjęto na podstawie [2, 3, 5, 6–10]. Ponadto do programu należy wprowadzić dane związane z charakterystyką pożaru, takie jak materiał lub obiekt palny (nazwa, oznaczenie, opis, wartości minimalne i maksymalne liniowej prędkości rozprzestrzeniania się pożaru, wartości minimalne i maksymalne intensywności podawania wody). Wyżej wspomniane wartości minimalne i maksymalne przyjęto na podstawie [4].

2. Ocena możliwości oraz podstawowe funkcje programu

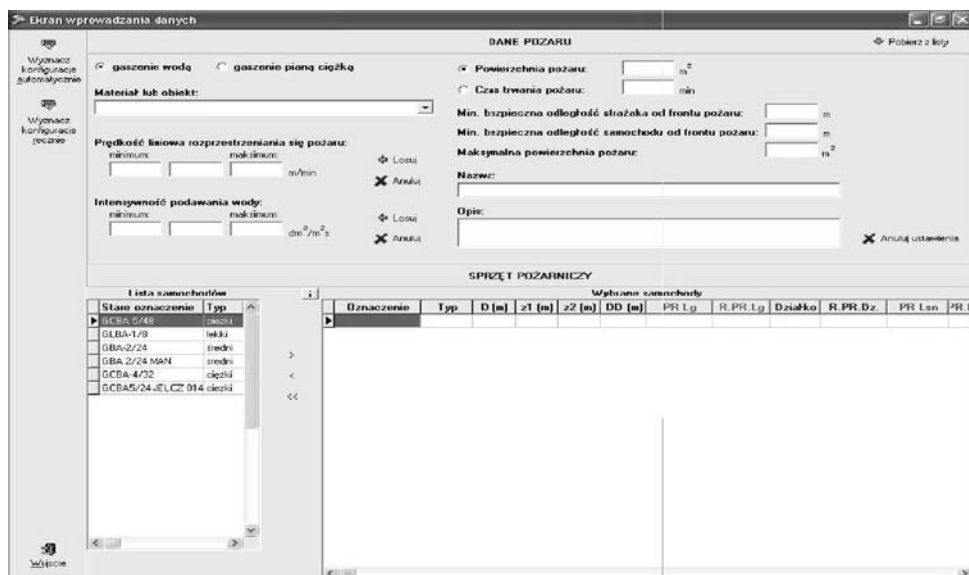
Po uruchomieniu programu na ekranie pojawia się główne okno programu pokazane na rys. 1.



Rys. 1. Okno główne programu

Źródło: Opracowanie własne.

Po wybraniu z głównego menu opcji „Wprowadzanie danych” na ekranie pojawia się okno pokazane na rys. 2.



Rys. 2. Ekran wprowadzania danych

Źródło: Opracowanie własne.

Aby wprowadzić dane niezbędne do wyznaczenia konfiguracji i uzyskania parametrów rozwinięcia, należy wykonać następujące czynności:

- 1) wybrać z selektora materiał lub obiekt palny, który uległ zapaleniu;
- 2) wpisać z klawiatury lub wylosować (przycisk „Losuj”) średnie wartości liniowej prędkości rozprzestrzeniania się pożaru V_L w m/min oraz intensywności podawania wody I_p w $dm^3/(m^2 \cdot s)$. Edytowane wartości muszą zawierać się pomiędzy wartościami minimalną (wyświetloną w polu „min”) i maksymalną (wyświetloną w polu „max”);
- 3) wpisać z klawiatury powierzchnię pożaru F_p w m^2 , jeżeli wybrano opcję „powierzchnia pożaru” lub czas pożaru \hat{O} w min, jeżeli wybrano opcję „czas pożaru”. W obydwu przypadkach należy uwzględnić również czas rozwinięcia;
- 4) wpisać z klawiatury nazwę pożaru (pole edycyjne „Nazwa pożaru”) i podać jego ewentualny opis (pole „Opis”);
- 5) przy pomocy przycisku „>” z listy dostępnych samochodów ratowniczo-gaśniczych znajdującej się po lewej stronie ekranu, przenieść do tabeli „Samochody wybrane” tylko te samochody, które uczestniczą w akcji gaśniczej;
- 6) kliknąć dwukrotnie na wybranym samochodzie, a następnie w nowym oknie „Edycja danych samochodu” pokazanym na rys. 3 wprowadzić wartości odległości D_s [m] poszczególnych samochodów od czoła pożaru, różnice wysokości pomiędzy samochodem i rozdzielaczem z_1 [m] oraz między rozdzielaczem a prądownicą (prądownicami) z_2 [m], a także typ i wydajność prądownicy, rodzaj prądu (zwały, kroplisty, mgłowy) oraz typ rozdzielacza. Wpisane wartości należy każdorazowo zatwierdzić klawiszem „Enter”.

Edycja danych Samochód: GBA-2/24 Typ: średni

Zapisz Anuluj

Odległości i różnice wysokości

Odległość samochodu od czoła pożaru w momencie rozpoczęcia procesu gaszenia [D (m)]:

Różnica wysokości pomiędzy poziomem, na którym znajduje się rozdzielacz a poziomem, na którym znajduje się samochód [z1 (m)]:

Różnica wysokości pomiędzy poziomem, na którym znajduje się prądownica a poziomem, na którym znajduje się rozdzielacz [z2 (m)]:

Dodatkowa odległość uwzględniająca nierówność terenu, przeszkody itp. [DD (m)]:

Linia gaśnicza

Prądownica:

Rodzaj prądu:

| MinWW | NomWW | MaksWW | ZasZwW | ZasRozW | RzutPiany | WydPiany |
|-------|-------|--------|--------|---------|-----------|----------|
| | | | | | | |

Działko

używane

Oznaczenie: DWP 24

Rodzaj prądu:

| MinWW | NomWW | MaksWW | MaxRzuSZ | MaxRzuSR | SzerRR | RzutPiany | Wy |
|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-----------|----|
| 2200.000 | 2400.000 | 2500.000 | 55.000 | 30.000 | 8.000 | 40.000 | |

Linia szybkiego natarcia

używana ilość linii:

Prądownica oznaczenie: Pw 52/R-16

Rodzaj prądu:

| MinWW | NomWW | MaksWW | ZasZwW | ZasRozW | RzutPiany | WydPiany |
|---------|---------|---------|--------|---------|-----------|----------|
| 400.000 | 410.000 | 420.000 | 32.000 | 16.000 | 40.000 | 400.000 |
| 1.000 | 2.000 | 3.000 | 4.000 | 5.000 | 4.000 | 40.000 |

Rozdzielacz

Dzielenie:

Wypisz

Rys. 3. Widok okna „Edycja danych samochodu”

Źródło: Opracowanie własne.

Wykaz materiałów palnych oraz odpowiadające im wartości V_L i I_p zamieszczono w tabeli 1 (gaszenie wodą) i w tabeli 2 (gaszenie pianą) [4].

Tabela 1. Wartości V_L i I_p dla materiałów palnych gaszonych wodą

| Lp. | Materiał palny lub obiekt | V_L [m/min] | I_p [dm ³ /m ² s] |
|-----|---|---------------|---|
| 1 | Obiekty administracyjne | 1 ÷ 1,5 | 0,08 ÷ 0,10 |
| 2 | Budynki mieszkalne | 0,5 ÷ 0,8 | 0,08 ÷ 0,10 |
| 3 | Piwnice budynków | 0,5 ÷ 0,8 | 0,03 ÷ 1,0 |
| 4 | Strychy w szpitalach | 0,6 ÷ 3,0 | 0,06 ÷ 0,08 |
| 5 | Pawilony dla chorych | 0,6 ÷ 3,0 | 0,08 ÷ 1,0 |
| 6 | Rejestracje | 0,6 ÷ 3,0 | 0,08 ÷ 0,09 |
| 7 | Gabinety rentgenowskie | 0,6 ÷ 3,0 | 0,1 |
| 8 | Budynki produkcyjne | 0,3 ÷ 2,0 | 0,06 ÷ 0,2 |
| 9 | Palne pokrycia hal | 1,7 ÷ 3,2 | 0,08 ÷ 1,0 |
| 10 | Sceny teatrów | 1,0 ÷ 3,0 | 0,2 ÷ 0,3 |
| 11 | Widownie teatralne | 1,0 ÷ 3,0 | 0,1 ÷ 0,15 |
| 12 | Garáže | 0,5 ÷ 0,8 | 0,05 ÷ 0,1 |
| 13 | Oddziały produkcyjne zakładów tekstylnych | 0,3 ÷ 0,6 | 0,1 ÷ 0,15 |
| 14 | Silnie zapyłone oddziały zakładów tekstylnych | 1,0 ÷ 2,0 | 0,1 ÷ 0,15 |
| 15 | Oddziały przeróbki drewna | 1,0 ÷ 1,6 | 0,1 ÷ 0,25 |
| 16 | Składowiska torfu w stosach | 0,8 ÷ 1,0 | 0,08 ÷ 0,1 |
| 17 | Składowiska okrąglaków w stosach | 0,8 ÷ 1,0 | 0,16 ÷ 0,28 |
| 18 | Tarcica o wilgotności 8–16% | 4 | 0,45 |
| 19 | Tarcica o wilgotności 16–30 % | 1,2 ÷ 1,6 | 0,3 ÷ 0,4 |
| 20 | Tarcica o wilgotności większej od 30% | 1 | 0,21 |
| 21 | Odpady gumowe | 1,0 ÷ 1,2 | 0,16 ÷ 0,18 |
| 22 | Magazyny wyrobów tekstylnych | 0,3 ÷ 0,4 | 0,1 ÷ 0,15 |
| 23 | Magazyny papieru w belach | 0,2 ÷ 0,3 | 0,08 ÷ 0,1 |
| 24 | Magazyn kauczuku syntetycznego | 0,6 ÷ 1,0 | 0,1 ÷ 0,14 |
| 25 | Pianka poliuretanowa | 0,7 ÷ 0,9 | 0,06 ÷ 0,14 |
| 26 | Wyroby włókniste w stanie luźnym | 7,0 ÷ 8,0 | 0,1 ÷ 0,2 |
| 27 | Torfowiska | 8 ÷ 20 | 0,1 |
| 28 | Aceton ($t_c=10^\circ\text{C}$) | 19 | 0,4 (rozpylony) (spray) |
| 29 | Alkohol butylowy | 2,5 ÷ 4,8 | 0,02 ÷ 0,4 |
| 30 | Eter etylowy | 22,5 | 0,4 |
| 31 | Toluen | 10,2 ÷ 50,4 | 0,4 |
| 32 | Alkohol etylowy | 7,8 ÷ 22,8 | 0,2 ÷ 0,3 (rozpylony) (spray) |

Tabela 2. Wartości V_L i I_p dla materiałów palnych gaszonych pianą

| Lp. | Materiał palny lub obiekt | V_L [m/min] | I_p [dm ³ /m ² s] |
|-----|---|---------------|---|
| 1 | Gazy skroplone | 0,2 | 0,8 ÷ 1,2 |
| 2 | Ciekłe produkty naftowe | 0,1 | 0,8 ÷ 1,2 |
| 3 | Ciecze palne w zbiornikach z dachem stałym | 0,2 | 0,8 ÷ 1,2 |
| 4 | Ciecze palne w obwałowaniach zbiornika | 0,07 | 0,8 ÷ 1,2 |
| 5 | Przestrzenie przy płaszczu zbiornika z dachem pływającym | 0,66 | 0,8 ÷ 1,2 |
| 6 | Ciecze palne w zbiornikach i w obwałowaniach | 0,09 ÷ 0,1 | 0,8 ÷ 1,2 |
| 7 | Węglowodory o temp. zapłonu poniżej 40°C | 0,07 | 0,8 ÷ 1,2 |
| 8 | Węglowodory o temp. zapłonu powyżej 40°C | 0,11 | 0,8 ÷ 1,2 |

Wyznaczenie rozwinięcia linii węzowych dla wprowadzonych danych odbywa się automatycznie po kliknięciu przycisku „Wyznacz konfigurację”. W tym czasie program wykonuje następujące czynności, zgodne z wcześniej ustalonym algorytmem:

- 1) obliczenie powierzchni pożaru F_p , o ile wybrano opcję „czas pożaru” wg następującego wzoru:

$$F_p = V_L^2 \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

- 2) obliczenie średnicy pożaru kołowego wg wzoru:

$$D_p = \sqrt{\frac{4 F_p}{\pi}} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

- 3) obliczenie wymaganego wydatku wody wg wzoru:

$$Q_w = F_p I_p \quad [\text{dm}^3 / \text{s}] \quad (3)$$

- 4) sprawdzenie, czy dostępna liczba samochodów gaśniczych jest większa od minimalnej wymaganej liczby samochodów przez porównanie wartości wyrażenia (wydatek dostępny):

$$Q_d = \sum_{i=1}^{n_s} I_{p52} [i] Q_{n52} [i] \quad [\text{dm}^3/\text{s}] \quad (4)$$

gdzie:

- n_s – dostępna liczba samochodów umieszczonych na liście „Samochody wybrane”,
 - $I_{p52}[i]$ – liczba prądownic PW – 52, w jakie został wyposażony i-ty samochód,
 - $Q_{n52}[i]$ – wydatek nominalny prądownicy PW-52 i-tego samochodu z wartością Q_w obliczoną w pkt. 3. Jeżeli $Q_d > Q_w$, wówczas liczba wybranych samochodów jest wystarczająca.
- 5) obliczenie wymaganej liczby prądów gaśniczych n_g dla każdego samochodu;
 - 6) obliczenie minimalnej długości rozwinięcia D_w dla każdego samochodu;

- 7) obliczenie liczby linii głównych w rozwinięciu l_g dla każdego samochodu;
- 8) sprawdzenie, czy jest wystarczająca liczba węży W75 i W52 na każdym z samochodów;
- 9) sprawdzenie, czy jest dostateczna liczba rozdzielaczy i przełączników na każdym samochodzie;
- 10) obliczenie wydatku i wysokości podnoszenia na pompie przy założeniu nominalnego wydatku na prądownicy (prądownicach). W przypadku układu niesymetrycznego przyjęto, że minimalny wydatek na prądownicy odpowiada wydatkowi nominalnemu. Na prądownicach w pozostałych odgałęzieniach wydatek może przekraczać wartość nominalną. Różnica pomiędzy wartością aktualną i nominalną wydatku jest wyliczana i wyświetlana na ekranie wynikowym;
- 11) obliczenie wymaganych obrotów pompy przy wykorzystaniu prawa powiniowactwa charakterystyk. Jeżeli obliczone obroty są większe od maksymalnych, wówczas jest wyświetlany komunikat: „Za wysokie wymagane obroty pompy. Zastosuj samochód z pompą o wyższych obrotach maksymalnych”. Jeżeli obliczone obroty są mniejsze od minimalnych, wówczas wyświetlany jest komunikat/pytanie: „Za niskie wymagane obroty pompy. Czy chcesz, żeby pompa pracowała na obrotach minimalnych?”. Po akceptacji przez użytkownika (kliknięcie przycisku „Tak”) obliczenia są kontynuowane dla minimalnych obrotów pompy;
- 12) obliczenie wartości parametrów pracy prądownic takich jak: wysokość ciśnienia, wydatek, wysokość wzlotu oraz wysokość i maksymalny zasięg prądu zwartego.

Po pomyślnym zakończeniu obliczeń na ekranie pojawia się okno zawierające wartości parametrów rozwinięcia umieszczone w kolumnach odpowiadających kolejnym wybranym samochodom pożarniczym. Wyniki zestawiono tematycznie wg następujących grup:

a) pompy

- wydatek [dm^3/s]
- wysokość podnoszenia [m]
- obroty [obr/min]

b) linie węzowe

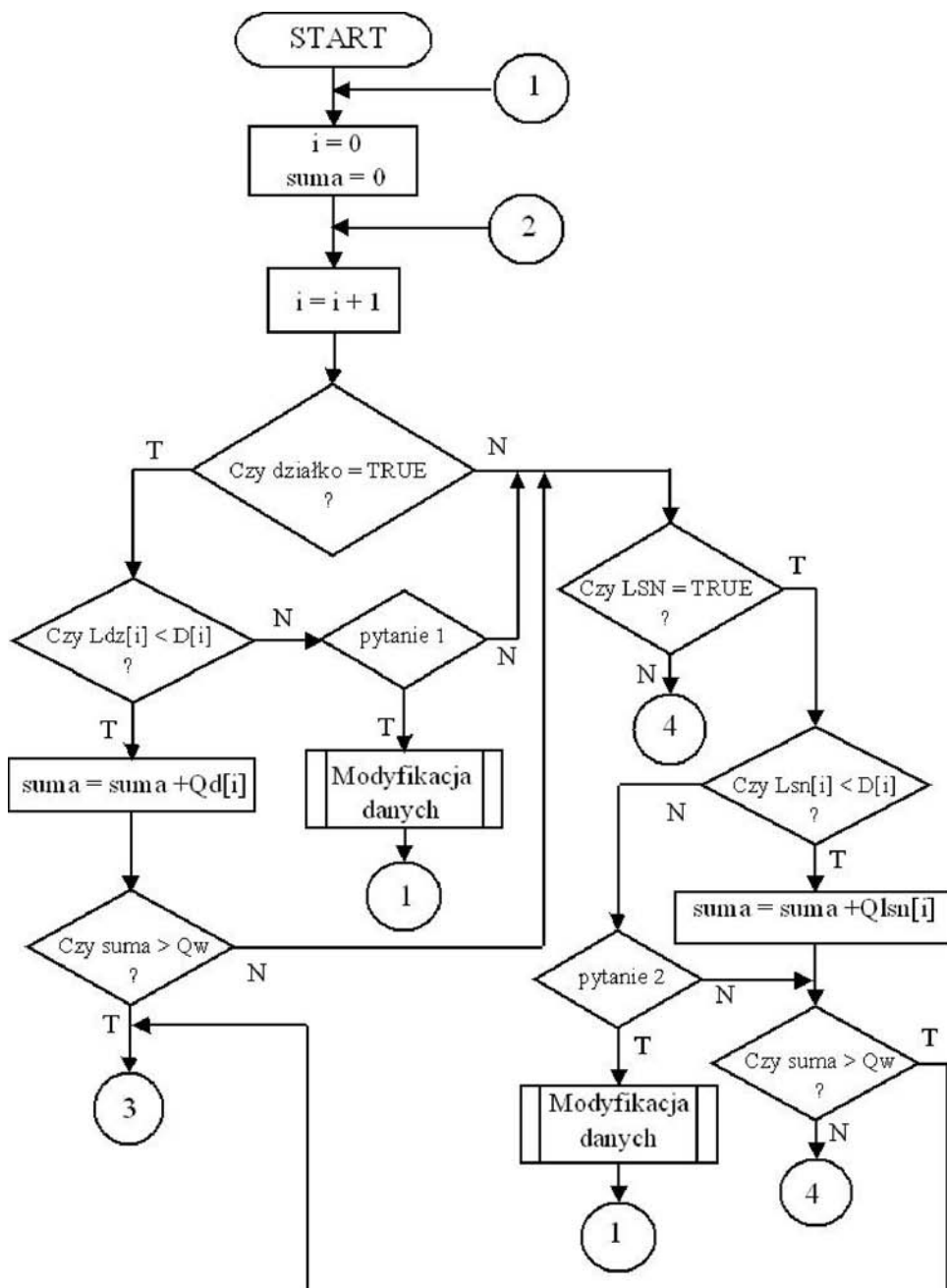
- liczba linii głównych
- długość pojedynczej linii głównej [m]
- liczba odcinków 20-metrowych węża W75 użytych do budowy rozwinięcia
- liczba użytych rozdzielaczy
- liczba użytych przełączników
- liczba wszystkich linii gaśniczych
- długość pojedynczej linii gaśniczej [m]
- liczba odcinków użytych do budowy rozwinięcia
- liczba linii gaśniczych podłączonych do i-tej linii głównej

c) prądownice

- wydatek prądownic współpracujących z i-tą linią główną [dm^3/s]
- różnica pomiędzy wydatkiem aktualnym a nominalnym prądownic współpracujących z i-tą linią główną [dm^3/s]
- wysokość ciśnienia na prądownic współpracujących z i-tą linią główną [m]
- wysokość wlotu prądownic współpracujących z i-tą linią główną [m]
- wysokość prądu zwartego prądownic współpracujących z i-tą linią główną [m]
- maksymalny zasięg prądownic współpracujących z i-tą linią główną [m].

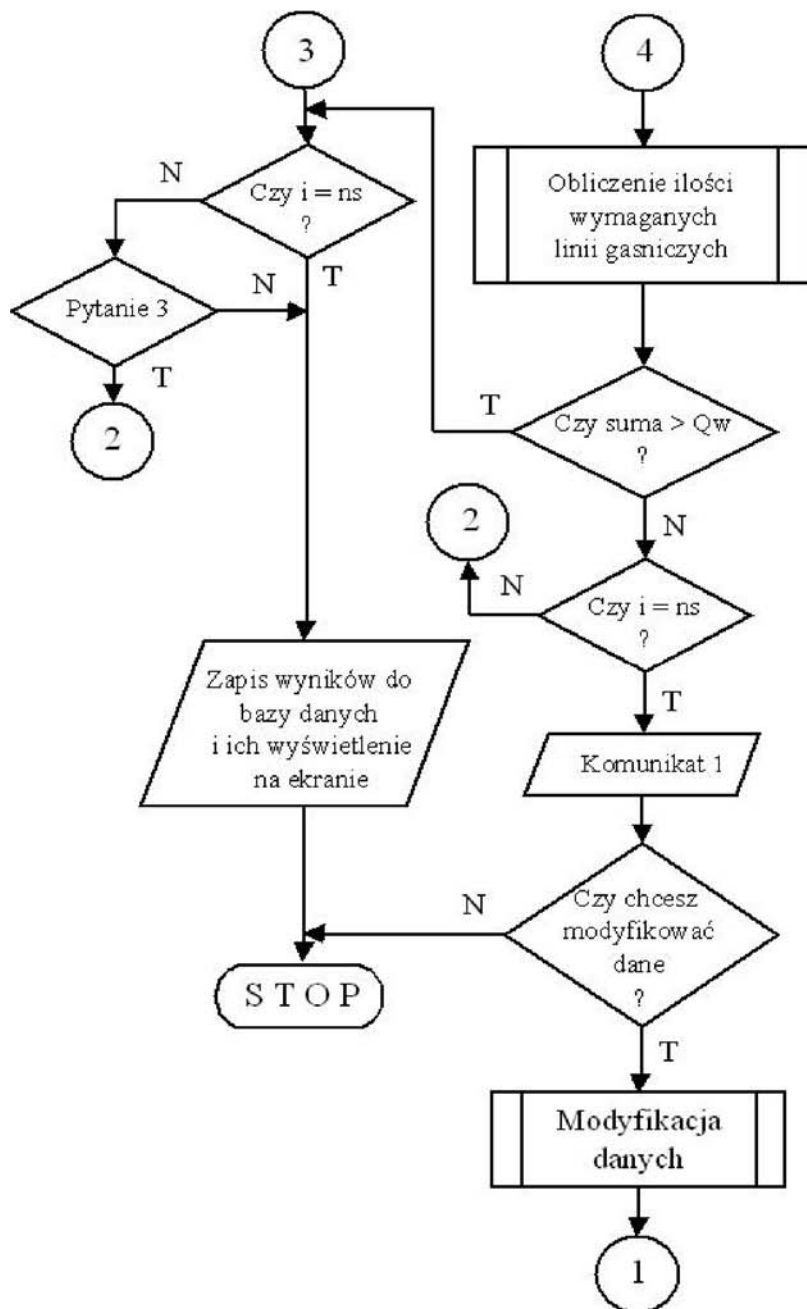
Ogólny schemat algorytmu realizowanego przez komputer po naciśnięciu przycisku „Wyznacz rozwinięcie automatycznie” pokazano na rys. 4 i 5 (część 1 oraz część 2), natomiast przykładowy ekran z danymi wejściowymi dotyczącymi pożaru torfowiska oraz odpowiadający mu ekran z wynikami obliczeń odpowiednio na rys. 6 i 7. W oknie pokazanym na rys. 6 znajdują się następujące przyciski: „Zapisz”, „Drukuj”, „Wynik graficznie” oraz „Wyjście”. Po kliknięciu przycisku „Zapisz” zostanie dokonany zapis na dysku podstawowych parametrów rozwinięcia, który można będzie później wyświetlić na ekranie przy pomocy opcji głównego menu „Wyświetl wyniki”. Po kliknięciu przycisku „Drukuj” na drukarce zostaną wydrukowane wszystkie podstawowe parametry zaprojektowanego rozwinięcia, łącznie z danymi wejściowymi, natomiast po kliknięciu przycisku „Wyjście” następuje powrót do okna wprowadzania danych. Po kliknięciu przycisku „Wynik graficznie” na ekranie zostanie wyświetlony (rys. 7) graficzny obraz rozwinięcia zawierający wszystkie wybrane samochody. Po kliknięciu jednego z dwóch przycisków „Wykres” w tym oknie na ekranie zostanie wyświetlony wykres przedstawiający punkt pracy autopompy wybranego samochodu ratowniczo-gaśniczego (rys. 9). Na rys. 4 i 5 występują następujące pytania i komunikaty:

- a) **pytanie 1:** „Zasięg rzutu strumienia z działka jest zbyt mały, aby można było skutecznie gasić pożar. Czy chcesz zmniejszyć odległość samochodu od czoła pożaru?”
- b) **pytanie 2:** „Zasięg rzutu strumienia z linii szybkiego natarcia jest zbyt mały, aby można było skutecznie gasić pożar. Czy chcesz zmniejszyć odległość samochodu od czoła pożaru?”
- c) **pytanie 3:** „Do ugaszenia pożaru wystarczy mniejsza liczba samochodów niż ta którą dysponujemy. Czy chcesz wykorzystać wszystkie posiadane samochody?”
- d) **komunikat 1:** „Wydatek wody lub piany, którym dysponujemy jest za mały w stosunku do wymaganego. Wprowadź dodatkowy sprzęt, aby zwiększyć liczbę linii gaśniczych”.



Rys. 4. Schemat blokowy algorytmu programu (część 1)

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5. Schemat blokowy algorytmu programu (część 2)

Źródło: Opracowanie własne.

Ekran wprowadzania danych

DANE POŻARU

gaszenie wodą / gaszenie pianą ciężką

Materiał lub obiekt: Torfowiska TF

Powierzchnia pożaru: 200 m²

Czas trwania pożaru: min

Min. bezpieczna odległość strażaka od frontu pożaru: 15 m

Min. bezpieczna odległość samochodu od frontu pożaru: m

Maksymalna powierzchnia pożaru: m²

Prędkość liniowa rozprzestrzeniania się pożaru: minimum: 8.00, maksimum: 15.26, 20.00 m/min

Intensywność podawania wody: minimum: 0.10, maksimum: 0.10 dm³/m²s

Nazwa: Test torfowiska

Opis:

SPRZĘT POŻARNICZY

Lista samochodów

| Stare oznaczenie | Typ | Oznaczenie | Typ | D [m] | z1 [m] | z2 [m] | DD [m] | PR Lg | R.PR.Lg | Działko | R.PR.Dz. | PR Lsn |
|--------------------|--------|------------|--------|-------|--------|--------|------------|--------|---------|---------|----------|------------|
| GCBA 5/48 | ciężki | GBA-2/24 | średni | 100 | 0 | 0 | PW 52/R-12 | zwarty | DwP 24 | | | PW 52/R-16 |
| GLBA-1/8 | lekki | GCBA-4/32 | ciężki | 150 | 0 | 0 | PW 52 Tub | zwarty | DwP 24 | | | PW 52/R-20 |
| GBA-2/24 | średni | | | | | | | | | | | |
| GBA 2/24 MAN | średni | | | | | | | | | | | |
| GCBA-4/22 | ciężki | | | | | | | | | | | |
| GCBA5/24 JELCZ 014 | ciężki | | | | | | | | | | | |

Rys. 6. Przykładowy ekran danych wejściowych dla pożaru torfowiska

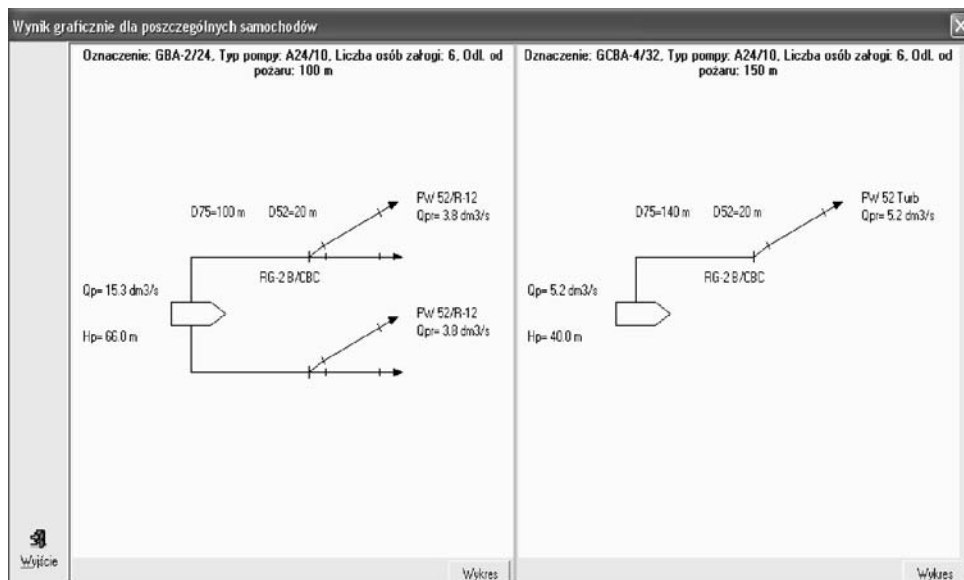
Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki obliczeń

| | | GBA-2/24 | GCBA-4/32 | | |
|--|------------------------|--|--|------------------------|------------------------|
| Zapisz | Pompy | Wydatek | 15.3 | 5.2 | |
| | | Wysokość podnoszenia | 66.0 m | 40.0 m | |
| Drukuj | | Obrotы pompy | 2488 obr/min | 2332 obr/min | |
| | | | | | |
| Wynik graficzny | Linie węzowe | Liczba linii głównych | 2 | 1 | |
| | | Długość pojedynczej linii głównej | 100 m | 140 m | |
| | | Ilość użytych odcinków 20 - metrowych węża W-75 | 10 | 7 | |
| | | Ilość użytych rozdzielaczy | 2 | 1 | |
| | | Ilość użytych przełączników | 0 | 0 | |
| | | Liczba wszystkich linii gaśniczych | 4 | 1 | |
| | | Długość pojedynczej linii gaśniczej | 20 m | 20 m | |
| | | Ilość użytych odcinków 20 - metrowych węża W-52 | 4 | 1 | |
| | | Ilość użytych prądownic PW-52 | 4 | 1 | |
| | | Ilość użytych prądownic PW-75 | 0 | 0 | |
| | | Ilość linii gaśniczych połączonych z linią główną nr 1 | 2 | 1 | |
| | | Ilość linii gaśniczych połączonych z linią główną nr 2 | 2 | 1 | |
| | | Prądownice | Wydatek prądownicy - linia główna nr 1 | 3.8 dm ³ /s | 5.2 dm ³ /s |
| | | | Wydatek prądownicy - linia główna nr 2 | 3.8 dm ³ /s | 6.7 dm ³ /s |
| Odchylenie od wydatku nominalnego prądownicy - linia główna nr 1 | 0.0 dm ³ /s | | 0.0 dm ³ /s | | |
| Odchylenie od wydatku nominalnego prądownicy - linia główna nr 2 | 0.0 dm ³ /s | | 0.0 dm ³ /s | | |
| Wysokość ciśnienia na prądownicy - linia główna nr 1 | 60.0 m | | 36.0 m | | |
| Wysokość ciśnienia na prądownicy - linia główna nr 2 | 60.0 m | | 60.0 m | | |
| Wysokość wlotu wody z prądownicy - linia główna nr 1 | 28.7 m | | 21.7 m | | |
| Wysokość wlotu wody z prądownicy - linia główna nr 2 | 28.7 m | | 28.7 m | | |
| Wysokość prądu zwartego wody z prądownicy - linia główna nr 1 | 22.9 m | | 17.4 m | | |
| Wysokość prądu zwartego wody z prądownicy - linia główna nr 2 | 22.9 m | | 22.9 m | | |
| Maksymalny zasięg prądownicy podłączonej - linia główna nr 1 | 29.0 m | | 29.0 m | | |
| Maksymalny zasięg prądownicy podłączonej - linia główna nr 2 | 29.0 m | | 32.0 m | | |

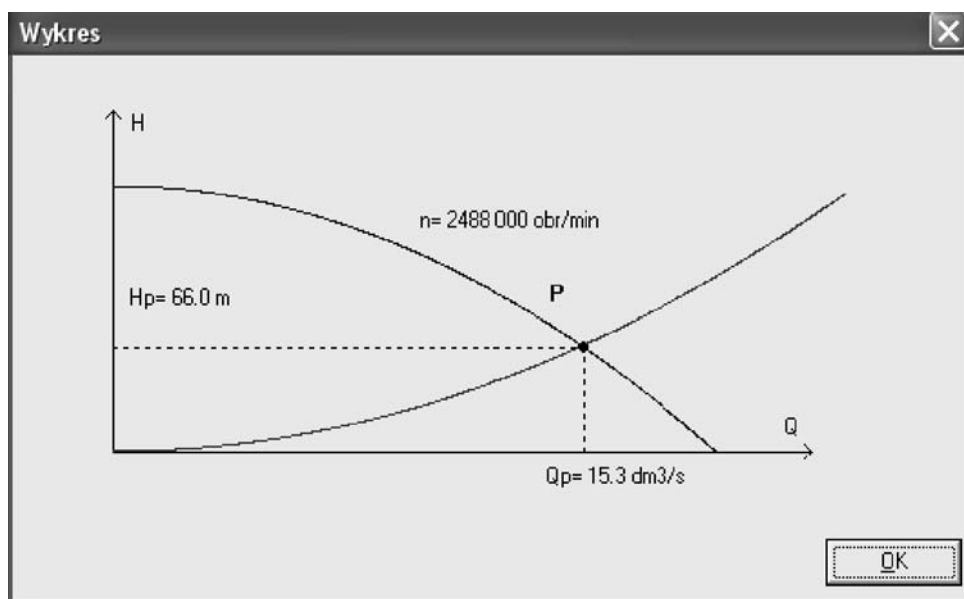
Rys. 7. Przykładowy ekran wyników dla pożaru torfowiska

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 8. Ekran graficzny odpowiadający zadanemu scenariuszowi pożaru

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 9. Ekran z wykresem przedstawiającym punkt pracy autopompy odpowiadający rozwinięciu z samochodu GBA 2/24

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie i wnioski

W artykule zaprezentowano narzędzie informatyczne, które może być przeznaczone do symulacji taktycznych rozwinięć linii wężowych z samochodów pożarniczych. Program umożliwia w sposób intuicyjny wprowadzenie niezbędnych danych wejściowych, 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. Opracowany program pozwala na określenie konfiguracji oraz wyznaczenie optymalnych parametrów rozwinięcia dowolnych układów linii wężowych z dostępnych aktualnie samochodów pożarniczych z ograniczeniami wynikającymi z przyjętych założeń.
2. W kolejnych etapach prac związanych z rozwojem przedmiotowego oprogramowania planuje się m.in.:
 - a) wprowadzenie możliwości budowy zarówno linii gaśniczych, jak i głównych, które zawierałyby różną liczbę odcinków węży;
 - b) wprowadzenie możliwości wyboru wydatku nominalnego prądownicy;
 - c) wprowadzenie możliwości wyboru rodzaju prądu gaśniczego pomiędzy zwartym, kroplistym lub rozproszonym;
 - d) uwzględnienie w rozwinięciu działka stałego lub ruchomego;
 - e) uwzględnienie w rozwinięciu linii szybkiego natarcia zasilanej z wysokociśnieniowego agregatu pompowego,
 - f) opracowanie oraz włączenie do programu modelu rozwoju pożaru uwzględniającego proces gaszenia przy pomocy wyznaczonych przez komputer prądów wodnych,
 - g) uwzględnienie dynamiki pożaru i jego wpływu na układ gaśniczy: liczba prądów, odległości od frontu pożaru itp.

Program może być dobrym narzędziem do prowadzenia ćwiczeń teoretycznych oraz przy analizie zadanych rozwinięć, w celu wyznaczenia optymalnych rozwinięć gaśniczych przy zadanym pożarze i posiadanym sprzęcie ratowniczo-gaśniczym.

Literatura

- [1] Bielicki P.: Podstawy taktyki gaszenia pożarów. Wyd. SA PSP, Kraków 1996.
- [2] Derecki T.: Sprzęt pożarniczy do podawania wody i pian gaśniczych. Wyd. SGSP, Warszawa 1999.
- [3] Gil P., Placek P.: Armatura wodna i pianowa. Wyd. CS PSP, Częstochowa 2003.
- [4] Kamiński A. Sytuacje pożarowe, siły i środki niezbędne w działaniach taktycznych. Wyd. SGSP, Warszawa 1998.

- [5] Praca zbiorowa, Ćwiczenia doskonalące z zakresu wyszkolenia taktycznego dla zawodowych i ochotniczych straży pożarnych. Wyd. ZG SBC KGSP, Warszawa 1986.
- [6] Wymagania ogólne dla samochodów ratowniczo-gaśniczych. KG PSP – CNBOP – czerwiec 2002.
- [7] Wymagania szczegółowe dla samochodów ratowniczo-gaśniczych. KG PSP – CNBOP – czerwiec 2002.
- [8] Katalog Świdnickiej Fabryki Urządzeń Przemysłowych S.A.
- [9] Karty katalogowe Zakładu Produkcyjnego Budowy Pojazdów Specjalnych Zbigniew Szczęśniak, Wydanie III 2004.
- [10] Karty katalogowe firmy Rosenbauer.

Tomasz DRZYMAŁA
Jerzy GAŁAJ

Description and Evaluation of the Computer Program Applied to Simulation of Tactical Hose Lines Supplied from Pumping Appliance

Opportunities of computer program to the investigation of tactical hose lines supplied from pumping appliance have been presented. Due to the high cost of laboratory and real scale investigations, analysis of extinguishing systems is more often conducted using specialised computer programs. The only such a program was carried out, tested and implemented as a stand for students in Hydromechanics laboratory in The Main of School Service. It enables to determine all significant parameters of tactical hose lines for given initial conditions of the fire. User among available pumping appliances chooses several taking part in fire fighting action. After confirmation of the choice and pressing the button "Choose configuration automatically", in the case of proper number of the cars, a table containing output parameters is displayed on the screen. Graphical scheme of tactical hose lines from every car can be obtained by pressing the button "Result graphically". Graphs including pump working point can be displayed after pressing the button "Graph". When number of the cars is too much or too low with regard to nominal conditions, then suitable message is displayed on the screen. Final remarks containing short evaluation of the program and plan of its development in the future are included in the last section of the paper.

Keywords: fire extinguishing, tactical hose lines, pumping appliance, computer simulation, extinguishing systems, fire protection, fire pumps.