

ANALIZA PORÓWNAWCZA ROZKŁADÓW ŚREDNIC KROPEL W STRUMIENIU ROZPYLONYM WYTWARZANYM PRZEZ PRĄDOWNICĘ TURBO JET 52 I TURBO TWIST Z GŁOWICĄ MGŁOWĄ

Streszczenie

W artykule zaprezentowano badania porównawcze rozkładów średnic średnic kropeł w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez prądownicę Turbo Jet 52 i Turbo Twist z głowicą mgłową. Analizę ograniczono do punktów pomiarowych leżących na jednej z osi. Omówiono m.in. przedmiot badań, metodykę i stanowisko pomiarowe oraz przebieg badań. W przypadku prądownicy Turbo Jet 52 badania przeprowadzono dla trzech różnych wydajności 230, 330 i 450 dm³/min oraz trzech kątów rozpylenia strumienia: 60°, 90° i 120°. W przypadku prądownicy Turbo Twist zastosowano wydajność 100 dm³/min i kąt rozpylenia 45°. Otrzymane wyniki zaprezentowano w postaci rozkładów promieniowych średnic. Na podstawie przeprowadzonej analizy sformułowano wnioski, mające wymiar praktyczny w sensie wskazówek dla strażaków operujących rozpylonymi prądami wodnymi.

WSTĘP

Jedną z najdotkliwszych i najgroźniejszych klęsk żywiołowych bezpowrotnie niszczącym mienie, a niejednokrotnie ludzkie życie jest pożar. Powstaje on przede wszystkim tam, gdzie ochrona przeciwpożarowa jest nienależycie zorganizowana a poszczególni użytkownicy nie znają podstawowych zasad przeciwdziałaniu temu zjawisku, jak również zwalczania go w zarodku. Niedostateczny poziom bezpieczeństwa może również wynikać z zastosowania niewłaściwych rozwiązań technicznych lub braku zabezpieczeń pożarowych. W momencie kiedy dojdzie do pożaru jednostki ochrony przeciwpożarowej podejmują działania gaśnicze. Mając na uwadze iż w około 90% przypadków pożarów do gaszenia używana jest woda a procent jej wykorzystania jest na niskim poziomie poniższą pracę poświęcono porównaniu dwóch prądownic używanych w działaniach gaśniczych. W literaturze zagranicznej często poruszany jest problem efektywnego wykorzystania strumienia wody. Paul Grimwood w opracowaniach [6] i [7] porusza problem stosowania strumieni rozproszonych oraz optymalizacji średnic kropeł, których stosowanie charakteryzuje się dużą efektywnością schładzania strefy podsufitowej, wydajnym odbieraniem ciepła pożaru oraz znacznym zmniejszeniem strat po pożarowych powstałych przez zalania części nie objętych strefą spalania.

Już w latach pięćdziesiątych XX wieku badacze starali znaleźć rozwiązania służące zmaksymalizowaniu efektywności wykorzystania wody dla gaszenia ognia poprzez stosowanie bardzo drobnej mgły wodnej. Podczas lat 60-tych i 70-tych XX wieku, badania miały miejsce w różnych scenariuszach, od laboratoriów uniwersyteckich po pomieszczenia przemysłowe i rządowe. Praca wykonana przez marynarkę Stanów Zjednoczonych pod koniec lat 70-tych XX wieku stała się wzorem dla tego co jest dziś zwane stacjonarnym systemem mgłowego gaszenia pomieszczeń maszynowych [7].

Niniejsza praca jest trzecią z kolei należącą do cyklu związanego z badaniem rozkładów kropeł w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez prądownicę Turbo Jet 52 często stosowaną podczas gaszenia pożarów [3,4]. Jej celem było porównanie rozkładu kropeł w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez tę prądownicę Turbo Jet 52 i Turbo Twist z głowicą mgłową, która była przedmiotem badań w pracy [11].

1. ZASTOSOWANIE STRUMIENI ROZPROSZONYCH W OCHRONIE PRZECIWOPOŻAROWEJ

Woda jest najbardziej rozpowszechnionym środkiem gaśniczym. Stosowana jest również do wytwarzania wielu innych środków gaśniczych, jak para wodna, piana gaśnicza oraz inne roztwory gaśnicze. Szerokie zastosowanie wody jako środka gaśniczego przypisać należy powszechnej jej dostępności, niskiej cenie, łatwości transportu i podawania do miejsca pożaru, możliwości przepompowywania na duże odległości, a także wielowiekowej tradycji jej stosowania. Właściwości gaśnicze wody polegają m.in. na przerwaniu procesu palenia przez obniżenie temperatury palącego się materiału poniżej temperatury zapalania oraz ograniczeniu dostępu tlenu niezbędnego w procesie spalania. Właściwości ochładzające wody biorą się z jej dużej pojemności cieplnej (ciepło właściwe jest równe 4,19 kJ/kgK), a także z bardzo wysokiego ciepła parowania. Działanie rozcieńczające, które powoduje spadek stężenia tlenu w strefie spalania wynika z własności znacznego zwiększania objętości podczas parowania, bowiem z jednego litra odparowanej wody powstaje ponad 1700 litrów pary [21]. Duży efekt gaśniczy wywołuje również działanie mechaniczne wody wprowadzonej do ognia pod odpowiednio dużym ciśnieniem. Woda porywa i gasi cząstki płonącego materiału oraz przenikając do wnętrza tego materiału utrudnia proces palenia. Duże znaczenie mają również zdolności zwilżające wody. Woda rozpylając się po powierzchni płonącego materiału przywiera do niego cienką warstwą, uniemożliwiając lub utrudniając dalsze rozszerzanie się pożaru.

W ochronie przeciwpożarowej są stosowane dwa rodzaje prądów wody:

- a) prądy zwarte,
- b) prądy rozproszone, które można podzielić na:
 - kropliste (wielkość kropeł rzędu od 1mm do 3mm),
 - mgłowe (wielkość kropeł rzędu od 0,1mm do 1mm) [1].

Woda jest bardzo często wykorzystywana do zabezpieczeń obiektów budowlanych. Zgodnie z przepisami prawa - Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. O ochronie przeciwpożarowej [20] właściciel lub użytkownik w postaci osób fizycznych, prawnych, organizacji lub instytucji jest obciążony obowiązkiem wyposażenia budynku, obiektu lub terenu w sprzęt pożarniczy i ratowniczy oraz środki gaśnicze zgodnie z zasadami określonymi w odrębnych przepisach.

Ten wymóg sprecyzowany jest w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. [18] i dotyczy min. stosowania stałych urządzeń gaśniczych takich jak:

- c) instalacje tryskaczowe - stałe urządzenia gaśnicze przeznaczone do zwalczania pożarów w pierwszej fazie ich powstania oraz zapobiegające ich rozprzestrzenianiu się. Uniemożliwiają one przenoszenie ognia i wysokiej temperatury z pomieszczeń ogarniętych pożarem do innych części budynku, a w szczególności zabezpieczają drogi ewakuacyjne. Ich główną zaletą jest selektywne działanie, pozwalające na ograniczeniu akcji gaśniczej tylko do miejsca wystąpienia pożaru, a więc zredukowania strat spowodowanych działaniem wody. Są niezawodne, bezpieczne i stosunkowo łatwe w eksploatacji. Instalacje tryskaczowe znajdują zastosowanie w obiektach przemysłowych, handlowych, budynkach biurowych, hotelach i innych budynkach użyteczności publicznej,
- d) instalacje zraszaczowe – służą do zabezpieczania przeciwpożarowego budynków oraz chłodzenia łatwopalnych obiektów i urządzeń technologicznych wszędzie tam, gdzie można się spodziewać szybkiego rozprzestrzeniania się ognia, a więc w: rafineriach, zbiornikach cieczy palnych, transformatorach zlokalizowanych na wolnym powietrzu, urządzeniach wydobywczych, tunelach kablowych, zakładach przeróbki drewna, hangarach dla samolotów, itp.,
- e) instalacje mgły wodnej - urządzenia charakteryzują się wieloma cechami, jakie posiadają SUG gazowe oraz SUG wodne – tak w obrębie konstrukcji jak i zastosowania. Mimo istniejących bardzo różnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologii działań SUG mgłowych ich wspólnym zadaniem jest wytworzenie mgły wodnej o określonych parametrach i dostarczenie jej do ogniska pożaru. Generowaniu mgły wodnej (silnie rozproszonych strumieni wodnych), jej transporcie oraz procesowi gaszenia za jej pomocą towarzyszy wiele wzajemnie na siebie wpływających zjawisk fizycznych. Ogólne zaznajomienie się z nimi jest niezbędne do zrozumienia technologii działania SUG mgłowych, co z kolei umożliwia stosowanie właściwych kryteriów oceny i doboru przy wyborze rodzaju mgły wodnej, jaka byłaby najbardziej odpowiednia w konkretnej sytuacji [1].

Nie tylko w krajowych przepisach jest mowa o wodnych systemach zabezpieczających obiekty budowlane. Dosyć szeroko te zagadnienia są omawiane w amerykańskiej normie National Fire Protection Association – NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems [12] oraz sprecyzowanej przez Europejski Komitet Normalizacyjny - specyfikacji Technicznej pt.: CEN/TS 14972:2008 Fixed firefighting systems - Watermist system – Design and installations [2].

Ze względu na obowiązek wyposażania obiektów w podręczny sprzęt gaśniczy określony dokładnie w Rozporządzeniu [18] na rynku polskim pojawiły się od niedawna gaśnice wodne mgłowe. Jednym z producentów takiego sprzętu jest firma KZWM Ogniochron S.A. oferująca je pod nazwą GWM-3X AF. Oferowany produkt wg producenta działa na zasadzie technologii wytwarzania mgły wodnej pozwalającej zminimalizować szkody powstałe w wyniku pożaru. Przedmiotowa gaśnica doskonale nadaje się do gaszenia pożarów olejów i tłuszczów, płonących na ludziach odzieży, ważnych dokumentów oraz urządzeń nie pozostawiając śladów zalani. Zgodnie z Polską normą [16] cechuje się skutecznością gaśniczą pożaru testowego na poziomie 8A25F.

Kolejnym ciekawym pomysłem zaproponowanym przez Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej jest gaśnica automatyczna mgłowa – GAM dokładnie opisana i polecana na łamach Przeglądu Pożarniczego [23]. W założeniach projektowych sprzęt ma spełniać funkcję podręcznego sprzętu gaśniczego. Po-

dobnie jak tradycyjna gaśnica służąca do bezpośredniego użycia przez pracowników, jego zadaniem jest walka z pożarem w zarodku przy oczekiwaniu na dojazd jednostek PSP oraz zapewnienie zabezpieczenia obiektu przed rozgorzeniem (uruchomienie automatyki). W założeniach określono, aby przedmiotowy sprzęt łączył w sobie dwie funkcje: urządzenia gaśniczego działającego automatycznie oraz typowej gaśnicy.

W miarę nowym rozwiązaniem jest mgłowe urządzenia gaśnicze potocznie zwane hydrantem mgłowym oferowanym przez firmę Telesto Sp. z o.o. [23]. Producent zapewnia iż sprzęt nadaje się do gaszenia pożarów w środowisku przemysłowym. Można go użyć natychmiast bez konieczności odłączania głównego zasilania i nie powoduje znacznych uszkodzeń gaszonych przedmiotów oraz urządzeń. Umożliwia ono osobom pracującym w danym obiekcie natychmiastową reakcję i ograniczenie ognia zanim rozprzestrzeni się. Dzięki ochronie termicznej, jaką gwarantuje strumień mgły, gaszenie przy użyciu tego typu urządzenia jest bezpieczne i może zostać przeprowadzone przez każdego przeszkolonego pracownika. Zużycie wody w tym urządzeniu to 8-14 dm³/min (dla porównania dla hydrantu H-25 norma przewiduje wydatek wody 60 dm³/min). Hydrant w wersji podstawowej wymaga, oprócz zapewnienia zasilania standardowo w wodę o określonym ciśnieniu i wydajności, dostarczenia rozprężonego do prędkości nadciśnieniowej gazu. Istnieje również rozwiązanie z wbudowanym zbiornikiem wody oraz butlą z gazem, aczkolwiek mamy wówczas do czynienia z opóźnieniem czasowym rzędu 4-6 min w przypadku konieczności jej użycia. Innym sprzętem w którym wykorzystuje się prądy rozproszone są kurtyny wodne. Są one stosowane na zakończeniach linii gaśniczych i służą do wytwarzania prądów wodnych o charakterystycznym kształcie i odpowiedniej wydajności [5]. Mogą być stosowane w różnorodnych działaniach na przykład jako obrona przed promieniowaniem cieplnym działających strażaków jak również obrona bezpośrednio zagrożonych budynków. Kurtyny mają również zastosowanie w działaniach chemiczno-ekologicznych, ograniczając rozprzestrzenianie się lotnych substancji niebezpiecznych np. gazu LPG. Ustawione w odpowiedniej konfiguracji skutecznie mogą ograniczyć rozprzestrzenianie się obłoku gazu. Jednym z nowoczesnych urządzeń służących do generowania strumieni rozpylonych jest sprzęt produkowany przez firmę niemiecką AWG. Ma on kształt wirującej dyszy. Według producenta przedmiotowy sprzęt charakteryzuje się dobrą intensywnością rozpylania wody, przez co uzyskuje się silny efekt chłodzenia i odbierania ciepła. Ponadto strumień wytwarzany przez dyszę może być używany do gaszenia płonących płynów takich jak oleje czy lakiery. Innym interesującym produktem będącym również w ofercie firmy AWG jest prądownica wielofunkcyjna z kurtyną wodną. Sprzęt ten jest przydatny w działaniach mających na celu podawanie zwartego strumienia wodnego z równoczesnym wytwarzaniem kurtyny wodnej osłaniającej pracującego strażaka przed nadmiernym promieniowaniem cieplnym i płomieniami. Zastosowanie takiej prądownicy w działaniach gaśniczych umożliwi bliższe podejście operatorów do pożaru tym samym zwiększając ich zasięg i głębokość gaszenia.

2. OPIS BADAŃ

2.1. Przedmiot badań

Przedmiotem badań były dwie prądownice Turbo Jet 52 pokazana na rysunku 1 i Turbo Twist z głowicą mgłową pokazana na rysunku 2. Wytwarzane przez nie strumienie rozpylone były analizowane pod kątem rozkładów średnic kropeł a następnie porównane ze sobą. Poniżej podano ich krótką charakterystykę.

Prądownica Turbo Jet 52 jest sprzętem produkowanym przez niemiecką firmę AWG specjalizującą się w wytwarzaniu armatury

przeznaczonej dla straży pożarnych z całego świata. Posiada płynną regulację w zakresie wydajności 100, 200, 300, 400 dm³/min oraz kąta rozpylenia strumienia rozproszonego maksymalnie do 160°. Regulacja wydajności oraz kąta rozpylenia odbywa się przy pomocy dwóch obrotowych pierścieni. Ponadto posiada ona tzw. funkcje oczyszczania – płukania, przy pomocy, której w łatwy sposób istnieje możliwość przeczyszczenia sprzętu z drobnych zabrudzeń płynących razem z wodą.

Prądownica Turbo Twist jest również produkowana przez firmę AWG. Stanowi ona próbę połączenia teorii z praktyką i może być traktowana jako jedna prądownica z trzynastoma głowicami o różnorodnym zastosowaniu. Producent proponuje m.in. głowice turbo standard, CAFS, głowicę zraszającą, mgłową, zbiornik mgłowy, fire-ex, strumień płaski regulowany, strumień płaski poziomy, strumień zwarty, dwa rodzaje wytwornic piany, prądownica pianowa oraz wytwornico – prądownice. Wszystkie głowice systemu oznaczone zostały literami TT. Są one proste w obsłudze i intuicyjne w wymianie. Wybrana do badań dysza mgłowa charakteryzuje się wydajnością rzędu 100 dm³/min oraz kątem rozpylenia 45°.



Rys. 1. Widok prądownicy Turbo Jet 52 [22]



Rys. 2. Widok prądownicy Turbo Twist [11]

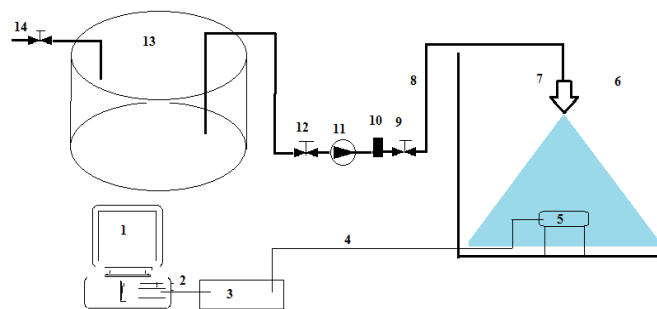
2.2. Stanowisko badawcze i zastosowana metoda pomiarowa

Do przeprowadzenia badań charakterystyki rozpylonego strumienia wody wytwarzanego przez wybrane prądownice użyto analizatora widma kropli AWK D wyprodukowanego przez firmę KAMIK-A Instruments w Warszawie. Urządzenie to służy do pomiaru w warunkach laboratoryjnych lub poligonowych rozkładu rozpylonych i swobodnie opadających cieczy w powietrzu w zakresie od 5 µm do 5 mm [8]. Zestaw badawczy składał się z następujących elementów: sondy pomiarowej połączonej przewodem sterującym z elektronicz-

nym blokiem AWK D przekazującym wyniki pomiarów za pomocą kabla sieciowego podłączonego do komputera z zainstalowanym oprogramowaniem pracującym w środowisku MS Windows. Zasada pomiaru polegała na rozpraszaniu strumienia promieniowania podczerwonego emitowanego przez diodę wskutek kropel przelatujących swobodnie przez otwór pomiarowy. Wszystkim kroplom odpowiada impuls elektryczny, proporcjonalny do jej wielkości. Układ elektroniczny po wykonaniu analizy wcześniej wprowadzonych parametrów z parametrami badanej strugi rejestruje wyniki na dysku twardym komputera. Analizator AWK daje możliwość wyznaczenia średnich średnic kropli oraz ich rozkładu. Maksymalny całkowity błąd pomiarowy systemu AWK wynosi 2,5%.

Badania prowadzono w specjalnej komorze o wymiarach 3,9 x 3,9 x 2,7 m usytuowanej w laboratorium Zakładu Technicznych Systemów Zabezpieczeń Szkoły Głównej Służby Pożarniczej na stanowisku służącym do badania równomierności zraszania oraz przelotowości tryskaczy i zraszaczy. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 3. Najistotniejszym elementem prowadzonych pomiarów była sonda AWK umieszczona na specjalnym stelażu o wysokości 66 cm nad podłogą komory pomiarowej w celu zminimalizowania błędów spowodowanych odbijaniem się kropli od powierzchni podłogi. Dane z sondy o średnicy otworu wlotowego rzędu $F = 254 \text{ mm}^2$ przekazywane były poprzez przewód łączący do analizatora AWK a następnie do komputera PC. Zasilana ona była z zestawu dwóch pomp typu CRE16 – 60 A-F-A-BUBV model B33707306P10323 o wydajności 16 m³/h i ciśnieniu 16 bar każda. Na podłodze zaznaczono punkty pomiarowe zgodnie ze schematem zamieszczonym w pracach [3,4].

W przypadku prądownicy Turbo Jet 52 badania właściwości strumienia rozpylonego wykonywane były w obszarze jednej ćwiartki A koła o promieniu $r=1\text{m}$. Poszczególne odpowiednio ponumerowane punkty pomiarowe były odległe od siebie o 0,25 m. Pomiaru odbywały się dla kątów rozpylenia 60°, 90° i 120° przy odpowiedniej regulacji głowicy oraz przy wydajnościach 230, 330 i 450 dm³/min ustawianych przy pomocy zaworu dławiącego. Dodatkowo dla kąta rozpylenia 120° przeprowadzono pomiary w punktach leżących na ujemnych półosiach osi O_x i O_y celem ustalenia ewentualnej asymetrii rozkładu. Pierwszy pomiar dokonano dla punktu pomiarowego znajdującego się w środku okręgu na przecięciu się osi O_x i O_y . Rejestrację pomiarów prowadzono przy pomocy programu komputerowego AWK przez 300 sekund lub do zliczenia 100000 kropli przez sondę (wyłącznie dla zakresu 1). W pozostałych ćwiartkach badanego obszaru założono, iż występuje symetria rozkładów kropli. W przypadku prądownicy Turbo Twist badanej znacznie wcześniej pomiarów dokonywano tylko na jednej osi w punktach odległych od siebie o 10 cm.



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego [19]

Objaśnienie do rysunku 3: 1 – komputer PC, 2 – przewód łączący analizator AWK z komputerem, 3 – analizator AWK, 4 – przewód łączący sondę z analizatorem, 5 – sonda AWK, 6 – komora pomiarowa, 7 – badana prądownica, 8 – przewód zasilający prądownicę,

9 – zawór kulowy, 10 – przepływomierz, 11 – układ pomp zasilających, 12 – zawór kulowy otwierający i zamykający układ pomiarowy, 13 – zbiornik wody, 14 – zawór do zewnętrznego zasilania zbiornika w wodę.

Badania były wykonywane według poniższej procedury:

1. Ustawienie parametrów wejściowych programu,
2. Ustawienie kąta rozpylenia przy pomocy obrotowej głowicy prądownicy,
3. Ustawienie sondy pomiarowej w wyznaczonym punkcie przy pomocy pionu murarskiego,
4. Ustawienie nowej nazwy pliku danych wyjściowych w programie AWK,
5. Uruchomienie zestawu pomp zasilających,
6. Wyregulowanie wydajności na zaworze dławiącym,
7. Start programu i rozpoczęcie pomiaru,
8. Automatyczne zakończenie pomiaru po 5 min. lub po zliczeniu 50000 kropeł (zależy od ustawienia parametrów w programie AWK),
9. Zapisanie wyników,
10. Wykonanie czynności od punktu 3 do 9 dla trzech wydajności (230, 330, 450),
11. Wykonanie czynności od punktu 2 do 10 dla trzech kątów rozpylenia (60, 90, 120)
12. Wyłączenie pomp zasilających,
13. Zakończenie badań

2.3. Wyniki badań i ich analiza

Średnia średnica objętościowa kropeł

Średnia średnica objętościowa D_v jest to średnica kropeł jednorodnego zbioru zastępczego o tej samej liczbie kropeł i takiej samej sumarycznej objętości wszystkich kropeł, co w zbiorze rzeczywistym. Jest ona obliczana z następującej zależności:

$$D_v = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^m D_i^3 N_i}{N}} \quad (1)$$

gdzie:

D_i – średnia średnica kropli odpowiadająca i-temu zakresowi pomiarowemu, mm

N_i – zliczona liczba kropli należących do i-tego zakresu pomiarowego

m – liczba zakresów pomiarowych (w badaniach ustawiono 256 zakresów)

N – liczba wszystkich kropli

W tabeli 1 zestawiono wartości średnich objętościowych średnic kropeł dla trzech różnych kątów rozpylenia: 60°, 90°, 120° oraz trzech wydajności 230, 330, 450 dm³/min zmierzone wzdłuż osi Oy w funkcji odległości od osi prądownicy Turbo Jet 52. W przypadku kątów rozpylenia 60° i 90° założono te same wartości dla tych samych odległości od osi. Z kolei w tabeli 2 zamieszczono wartości tych średnic otrzymane dla prądownicy Turbo Twist przy średniej wydajności 100 dm³/min.

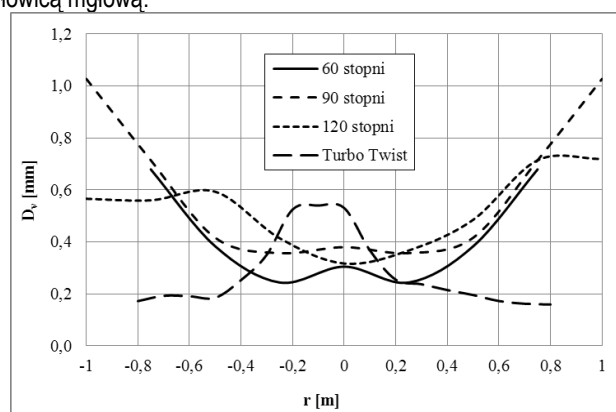
Tab. 1. Wartości średniej średnicy D_v w mm dla badanych kątów rozpylenia i wydajności prądownicy Turbo Jet 52 w funkcji odległości r od osi prądownicy (znak minus oznacza położenie punktu pomiarowego na ujemnej półosi osi Oy) [22]

r [m]	Wydajność [dm³/min]								
	230			330			450		
	Kąt rozpylenia [stop.]								
	60	90	120	60	90	120	60	90	120
-1,00	-	1,027	0,566	-	0,891	0,527	-	-	0,613
-0,75	0,679	0,714	0,560	0,567	0,812	0,508	0,521	0,554	0,382
-0,50	0,383	0,416	0,593	0,361	0,416	0,485	0,591	0,217	0,394
-0,25	0,244	0,357	0,414	0,232	0,286	0,401	0,289	0,228	0,293
0,00	0,305	0,380	0,317	0,255	0,311	0,300	0,231	0,216	0,276
0,25	0,244	0,357	0,367	0,232	0,286	0,358	0,289	0,228	0,340
0,50	0,383	0,416	0,485	0,361	0,416	0,410	0,591	0,217	0,376
0,75	0,679	0,714	0,714	0,567	0,812	0,574	0,521	0,554	0,473
1,00	-	1,027	0,719	-	0,891	0,659	-	-	0,766

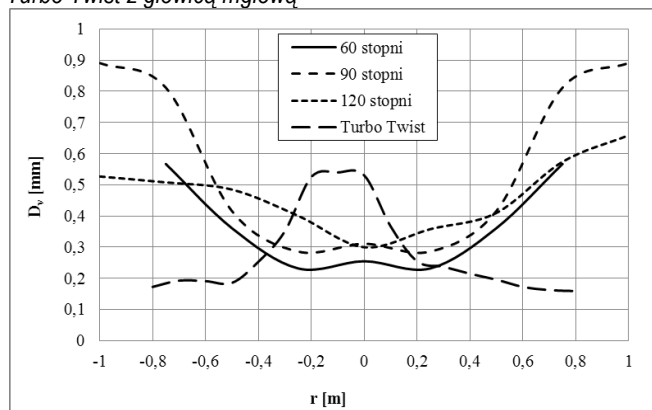
Tab. 2. Wartości średniej średnicy D_v w mm dla badanych kątów rozpylenia i wydajności prądownicy Turbo Twist w funkcji odległości r od osi prądownicy (znak minus oznacza położenie punktu pomiarowego na ujemnej półosi osi Oy) [11]

r [m]	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8
D_v [mm]	0,173	0,191	0,253	0,525	0,530	0,255	0,215	0,173	0,159

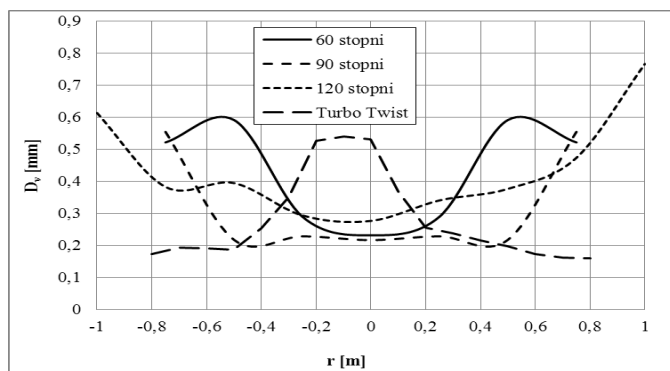
Na rysunkach 4-6 pokazano rozkłady promieniowe średnich objętościowych średnic kropeł otrzymane dla prądownicy Turbo Jet 52 przy trzech różnych wydajnościach i kątach rozpylenia. Nanie-siono również na nie rozkład promieniowy średnic kropeł w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez prądownicę Turbo Twist z głowicą mgłową.



Rys. 4. Rozkłady promieniowe średnich średnic kropeł D_v dla prądownicy Turbo Jet 52 przy wydajności 230 dm³/min i prądownicy Turbo Twist z głowicą mgłową



Rys. 5. Rozkłady promieniowe średnich średnic kropeł D_v dla prądownicy Turbo Jet 52 przy wydajności 330 dm³/min i prądownicy Turbo Twist z głowicą mgłową



Rys. 6. Rozkłady promieniowe średnich średnic kropeł D_v dla prądownicy Turbo Jet 52 przy wydajności $450 \text{ dm}^3/\text{min}$ i prądownicy Turbo Twist z głowicą mgłową

W pracy zdefiniowano kryterium odchylenia zmierzonych średnic kropeł od wartości optymalnej ze względu na działania gaśnicze w warunkach pożarowych. Wielu naukowców [6,7,10,13,14] uważa, iż optymalna średnia średnica objętościowa kropeł powinna wynosić $D_{vopt}=0,350 \text{ mm}$ i tak też przyjęto w niniejszym opracowaniu. Poparte jest to wieloletnimi badaniami nad strukturą rozpylaczy i ich wpływem na charakterystykę pożaru [1]. Wskaźnik WSO można otrzymać na podstawie poniższej zależności:

$$WSO = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (D_{vi} - D_{vopt})^2}{N}} \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

WNIOSKI

Na podstawie badań i analizy uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Rozkłady średnich średnic kropeł i intensywności zraszania dla obu porównywanych prądownic różnią się w istotny sposób. W przypadku prądownicy Turbo Twist główna część strumienia koncentruje się w pobliżu osi rozpylania, natomiast w przypadku prądownicy Turbo Jet 52 w odległości od 0,5 do 0,75 m od osi.
2. Globalna dla całego badanego obszaru intensywność zraszania dla prądownicy Turbo Twist z głowicą mgłową wyniosła $3,82 \text{ mm/min}$. W przypadku prądownicy Turbo Jet 52 dla wszystkich kątów rozpylania ta sama wielkość była równa $7,38 \text{ mm/min}$ co jest bardziej korzystne z punktu widzenia właściwości gaśniczych.
3. Prądownica Turbo Jet 52 uzyskała największe wartości średniej intensywności zraszania w odległości od 0,5 do 1 m. Wraz ze zwiększaniem się odległości od osi prądownicy następował jej wzrost. W przypadku prądownicy Turbo Twist mamy sytuację odwrotną. Największe wartości intensywności zraszania występują w pobliżu osi prądownicy, natomiast wraz z oddalaniem się od niej jej wartość maleje.
4. Wskaźnik zbliżenia do optymalnej średnicy kropli dla prądownicy Turbo Twist wynosi: $WSO = 0,147 \text{ mm}$, podczas gdy prądownica Turbo Jet 52 charakteryzuje się wskaźnikiem na poziomie $WSO = 0,309 \text{ mm}$.
5. Na podstawie przebiegów funkcji stopnia rozpylenia można stwierdzić, iż wraz ze wzrostem promienia r środka okręgu (obszaru badanego) zwiększają się średnie średnice objętościowe kropeł D_v . W przedziale promienia r od 0,25 do 0,5 m wartości średnie stopnia rozpylenia są najbardziej zbliżone do wartości stałej optymalnej średnicy. Dla kąta rozpylenia 90° w

odległości $r=1,0 \text{ m}$ maksymalna wartość średniego stopnia rozpylenia wyniosła $0,782 \text{ mm}$.

Podsumowując można dojść do konkluzji iż obydwie prądownice mają bardzo dobre parametry intensywności zraszania oraz optymalnych wielkości kropeł, z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej. Analizując rozkład strumienia rozproszonego wytwarzanego przez porównywane prądownice w zakresie rozkładu intensywności zraszania można wywnioskować, że głowica mgłowa prądownicy Turbo Twist może być wykorzystywana do precyzyjnego operowania prądem rozpylonym o kącie wypływu około 45° . Taki układ może być korzystny przy pożarach mieszkań i domów, gdzie bardzo często pracujący strażacy dokładnie kierują strumień w strefę podsufitową. Ponadto precyzyjne operowanie prądem rozproszonym znacznie zmniejsza straty po pożarowe spowodowane niewłaściwym rozkładem kropeł i zbyt dużą intensywnością zraszania, co może prowadzić do zalania części nie objętych strefą spalania. Rozkłady kropeł i intensywności zraszania prądownicy Turbo Jet 52 posiadają zgoła odmienny charakter. Krople rozproszonej wody układają się na okręgu o promieniu od 0,25-0,75 m od osi dyszy rozpylającej. Taki układ będzie się lepiej sprawdzał podczas działań, w których prądownik gasi pożar o dużej powierzchni bądź używa strumienia w celu ochrony przed nadmiernym promieniowaniem cieplnym.

W celu lepszego i bardziej pełnego poznania właściwości gaśniczych strumieni rozpylonych generowanych przez obydwie porównywane prądownice celowe jest prowadzenie dalszych badań mających na celu zbadanie rozkładów kropeł w pozostałych ćwiartkach zraszanego obszaru, ponieważ pomiary wykonane w wybranych punktach spoza wspomnianej ćwiartki wykazały dosyć znaczną asymetrię strumienia. Ponadto wskazane jest wykonanie badania strumieni rozpylonych podawanych przez prądownice, których położenie nie jest pionowe tylko identyczne do tego, które stosuje się podczas gaszenia pożarów. Ze względu na kompletnie inną trajektorię lotu kropeł ich rozkład może znacząco się różnić od otrzymanego w niniejszej pracy. Do tego jednak wymagane są zupełnie inne znacznie trudniejsze warunki badań, wymagające większych pomieszczeń np. hali, możliwości zmian kąta ustawienia sondy i pochylenia prądownicy itp. W tym roku w SGSP planowane są badania rozkładu kropeł przy standardowych ustawieniach prądownicy. Jednak ze względu na brak hali i wykonywanie pomiarów na zewnątrz budynku wymagane są do tego odpowiednie warunki pogodowe (brak deszczu, brak wiatru). Wyniki tych badań zostaną opublikowane w roku 2016. Ponadto otrzymane średnie wartości średnic kropeł przy różnych ustawieniach parametrów prądownicy zostaną uwzględnione w opracowywanym aktualnie modelu gaszenia.

BIBLIOGRAFIA

1. Bielecki P., Podstawy taktyki gaszenia pożarów, Wydawnictwo SAPSP Kraków 1996.
2. CEN/TS 14972:2008 Fixed Firefighting systems – Water mist system – Design and installations.
3. Gałaj J., Drzymała, T., Analiza wpływu natężenia przepływu wody na rozkład intensywności zraszania w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez prądownicę Turbo Master 52. Logistyka 2015, Nr 3.
4. Gałaj, J., Drzymała, T., Analiza wpływu kąta rozpylenia na rozkład średnic kropeł w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez prądownicę Turbo Master 52. Logistyka 2015, Nr 4.
5. Gill D. Sprzęt gaśniczy, Bydgoszcz 2004.
6. Grimwood, P. Fire Fighting Flow Rate, London 2005.

7. Grimwood, P., Tactical Fire Fighting Flashover & Nozzle Techniques, London 2002
8. KAMIKA Instruments, AWK D SYSTEM, Analizator do pomiaru rozpylonych kropel cieczy, KpK, 2009.
9. Klugiewicz J., Hydromechanika i hydrologia inżynierska, Bydgoszcz 1999.
10. Mawhinney, J.R., A Review of Water Mist Fire Suppression Research and Development, H. Associates, Inc., Baltimore, Maryland 1996.
11. Masternak M., Badanie rozkładu strumienia rozpylonego generowanego przez głowice mgłowe prądownicy Turbo Twist. Praca magisterska. SGSP, Warszawa 2012.
12. NFPA 750, Standard on Water Mist Fire Protection Systems. Edition 2010.
13. Orzechowski Z., Prywer J., Rozpylanie cieczy. WNT, Warszawa 1991.
14. Orzechowski Z., Prywer J., Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy. WNT Warszawa 2008.
15. PN-EN 12259-1:2005/A3:2010, Stałe urządzenia gaśnicze -- Podzespoły urządzeń tryskaczowych i zraszaczowych -- Część 1: Tryskacze. PKN 2010.
16. PN-EN 3-7, Gaśnice Przenośne, Część 7: Charakterystyki, wymagania, eksploatacja i metody badań. PKN 2008.
17. Roguski J., Zbrożek P., Czerwienko D., Wybrane aspekty stosowania w obiektach budowlanych urządzeń gaśniczych na mgłę wodną, Monografie CNBOP-PIB 2012.
18. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. „W sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów” (Dz. U. z 2010 roku Nr 109, poz. 719).
19. Terlecki, K., Badanie wpływu wydajności na rozkład intensywności zraszania przez strumień rozpylony wytwarzany przez prądownicę Turbo Jet 52. Praca magisterska, SGSP, Warszawa 2015.
20. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. „O ochronie przeciwpożarowej” (t.j. Dz. U. z 2002 r. Nr 147, poz. 1229 z późn. zm.).
21. Wilczkowski S., Środki gaśnicze, Wydawnictwo SAPSP, Kraków 1999.
22. Zadorożny, R., Badanie wpływu ustawienia głowicy prądownicy Turbo Jet 52 na rozkład kropel w strumieniu rozpylonym. Praca magisterska, SGSP, Warszawa 2015.
23. Zbrożek P., Gaśnica Automatyczna Mgłowa, „Przegląd Pożarniczy” 2011, nr 7, s. 34-35.

study, methodology and measuring stand are described. In the case of Turbo Jet 52 tests were performed for three different outputs 230, 330 and 450 dm³/min as well as the three spray angles 60°, 90° and 120°. In the case of the nozzle Turbo Twist output 100 dm³/min and a spray angle of 45° were used. The results are presented in the form of radial distributions of the drops diameters. Based on the results analysis conclusions having a practical application to firefighting operation were formulated.

Autorzy:

GAŁAJ JERZY - Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, 01-629 Warszawa, ul. Słowackiego 52/54, Tel: +48 22 5617570, Fax: +48 22 8330724, jgalaj@op.pl, galaj@sgsp.edu.pl

DRZYMAŁA Tomasz - Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, 01-629 Warszawa, ul. Słowackiego 52/54, Tel: +48 22 5617613, Fax: +48 22 8330724, t.drzymala@sgsp.edu.pl

BIEDUGNIS Stanisław - Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, 01-629 Warszawa, ul. Słowackiego 52/54, Tel: +48 22 5617613, Fax: +48 22 8330751, s.biedugnis@sgsp.edu.pl

COMPARATIVE ANALYSIS OF DISTRIBUTION OF DROPS AVERAGE DIAMETER IN THE SPRAY PRODUCED BY THE NOZZLES TURBO JET 52 AND TURBO TWIST WITH MIST HEAD

Abstract

A comparative study of distributions of average diameters of the drops in the spray stream generated by the nozzle Turbo Jet 52 and Turbo Twist with mist head is presented. The analysis was limited to the measurement points located on one axis. Subject of