

<https://doi.org/10.32056/KOMAG/KOMTECH2021.11>

## **Stanowisko badawcze do oceny skuteczności instalacji zraszania zabudowanych na kombajnach chodnikowych i ścianowych w zakresie gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu poprzez iskry**

**Dominik Bałaga** - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

**Dariusz Prostański** - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

**Marek Kalita** - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

**Michał Siegmund** - Instytut Techniki Górniczej KOMAG

**Streszczenie:** W rozdziale przeprowadzono przegląd rozwiązań stanowisk przeznaczonych do prowadzenia badań instalacji zraszających, stosowanych w Polsce i zagranicą oraz analizę formalno-prawną dotyczącą realizacji badań stanowiskowych. Przedstawiono nowe, autorskie rozwiązanie stanowiska do badania skuteczności instalacji zraszających zabudowanych na ramionach kombajnów ścianowych i wysięgnikach kombajnów chodnikowych. Omówiono metodykę umożliwiającą przeprowadzenie i ocenę wyników badań. Zaprezentowano efekty pierwszych badań zrealizowanych na prototypowym egzemplarzu stanowiska badawczego.

Słowa kluczowe: metan, instalacje zraszające, górniczy kombajn ścianowy, górniczy kombajn chodnikowy, stanowisko badawcze

## **Test stand for assessing the spraying installations, installed on shearers and roadheaders, for efficiency in fire extinguishing and protecting against methane ignition**

**Abstract:** A review of facilities for testing the spraying installations, used in Poland and abroad, as well as a formal and legal analysis regarding the implementation of stand tests. A new, author's solution of the stand for testing the effectiveness of spraying systems installed on the arms of longwall shearers and cutterheads of roadheaders is presented. The methodology enabling the analysis and assessment of test results is discussed. The results of the first tests using the prototype test stand are presented.

Keywords: methane, spraying installation, longwall shearer, roadheader, test stand

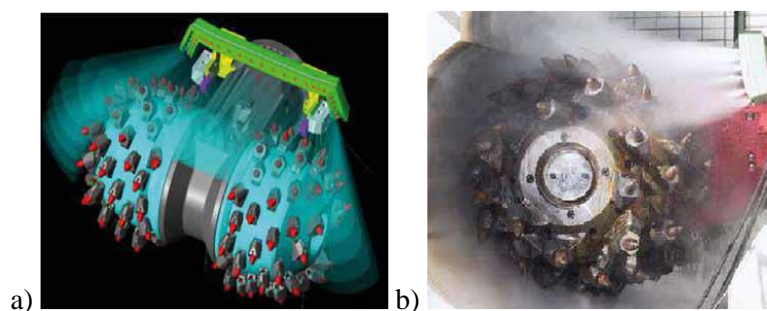
### **1. Wprowadzenie**

W Polskim górnictwie podziemnym, do wydobycia węgla wykorzystywane są przede wszystkim kombajny ścianowe i chodnikowe. Podczas prac kombajnami może dochodzić do iskrzenia pomiędzy nożami organów urabiających, a urabianą calizną [1, 2]. Możliwość wydostawania się jednocześnie z czoła ściany/przodka metanu, może powodować zagrożenie pożarowe, a nawet wybuchowe. W tym celu kombajny ścianowe i chodnikowe wyposaża się w organy urabiające ze zraszaniem wodnym lub powietrzno-wodnym. Producenci kombajnów mają obowiązek przeprowadzania oceny ryzyka zawierając w niej wszystkie zagrożenia mogące powstać podczas eksploatacji urządzenia [3]. Do każdego zidentyfikowanego zagrożenia należy określić środki zaradcze, wykorzystując sprawdzone metody, m.in. zdefiniowane w normach. Niestety zraszanie nie zostało szczegółowo ujęte w normach zharmonizowanych z dyrektywą ATEX, dlatego też konieczne są badania potwierdzające skuteczność działania instalacji zabudowanych na ww. maszynach urabiających. Badania skuteczności może wykonać sam producent lub skorzystać z uznanej jednostki badawczej (laboratorium). Realizacja oceny zagrożenia zapłonem, wymaga odniesienia się do sprawdzonych metod projektowania

systemów zraszania. Do oceny można wykorzystać własne doświadczenia lub skorzystać z doświadczeń innych producentów lub jednostek naukowo-badawczych.

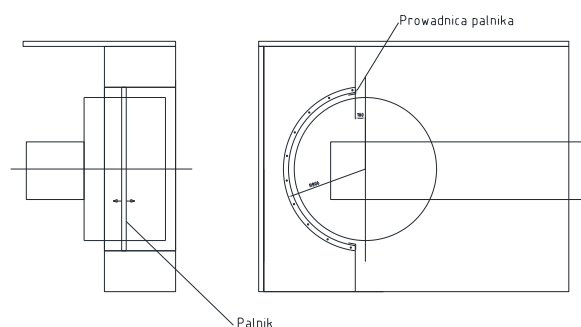
Jednocześnie w prawodawstwie polskim, zgodnie z § 291, Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. [4] w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, urabianie kombajnami zwięzłych skał o dużej i średniej skłonności do iskrzenia (w strefie zagrożenia metanem) jest dopuszczalne w drążonych wyrobiskach korytarzowych, „jeżeli stężenie metanu w powietrzu wynosi nie więcej niż 1% – w przypadku urabiania kombajnem wyposażonym w wewnętrzne układy zraszania noży lub inny system ograniczający ryzyko zapłonu metanu, którego ochrona przed zapłonem jest potwierdzona badaniami”. Paragraf ten zwraca uwagę producentom kombajnów na konieczność stosowania rozwiązań potwierdzonych badaniami, w przypadku zastosowania innego rozwiązania niż układ zraszania wewnętrznego.

Do realizacji tego typu badań konieczne jest posiadanie odpowiednio zaprojektowanego stanowiska badawczego. Takim stanowiskiem w Europie dysponuje producent kombajnów, firma Sandvik, DMT oraz czeskie laboratorium Technické Laboratore OPAVA. W przypadku firmy Sandvik, stanowisko zbudowane jest na potrzeby własnych badań nowo opracowywanych system kombajnów (rys. 1).



Rys. 1. Kurtyna powietrzno-wodna systemu „Jet-Rohr”: a) model 3D, b) podczas oceny skuteczności, na stanowisku badawczym [5]

W Polsce jednostką badawczą, posiadającą do tej pory stanowisko do badania skuteczności instalacji zraszających na kombajnach górniczych była Kopalnia Doświadczalna Barbara w Mikołowie. Stanowisko to powstało w 2005 roku, we współpracy z ITG KOMAG, w ramach projektu celowego [6, 7, 8]. Koncepcję stanowiska przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Koncepcja modelu ociosu węglowego do stanowiska badawczego zraszania [7]

Pokazany model miał za zadanie możliwie wierne odtworzenie kształtu ociosu jaki występuje w warunkach naturalnych. Na rysunku modelu ociosu pokazano usytuowanie względem tego ociosu, organu i ramienia kombajnu ścianowego wyposażonych w badaną instalację zraszającą. Na obwodzie łuku odtwarzającego powierzchnię zawrębenia organu w caliznę, umieszczony został łukowy palnik

przylegający do powierzchni blachy odtwarzającej powierzchnię zawrębienia. Z kolei w 2007 roku, KD Barbara, wraz z ITG KOMAG opracowała i zbudowała stanowisko do badania skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez instalację zabudowaną na wysięgniku kombajnu chodnikowego firmy REMAG (rys. 3) [9, 10].



Rys. 3. Głowica urabiająca kombajnu chodnikowego z zabudowaną powietrzno-wodną instalacją zraszającą, poddawana ocenie na stanowisku badawczym, zlokalizowanym w KD Barbara [10]

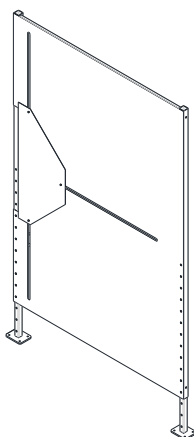
Przedstawione rozwiązania stanowisk do badania skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez instalacje zraszające kombajnów ścianowych i chodnikowych, posiadają kilka niedogodności [7, 8, 10, 11]. Jedną z nich jest brak możliwości zmiany średnicy blachy odwzorowującej zawrębienie głowicy/organa, układu rozprowadzenia gazu do palników oraz wielkości stanowiska, bez konieczności jego przebudowy. Dodatkowym utrudnieniem jest konieczność posiadania dwóch stanowisk, jednego dla ramion kombajnów ścianowych, a drugiego do ramion kombajnów chodnikowych.

W efekcie tego, w ITG KOMAG, opracowano koncepcję i wykonano uniwersalne stanowisko do badań skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez instalacje zraszające, zarówno dla kombajnów ścianowych, jak i chodnikowych, ułatwiających realizację badań [12].

## 2. Uniwersalne stanowisko do badań instalacji zraszających

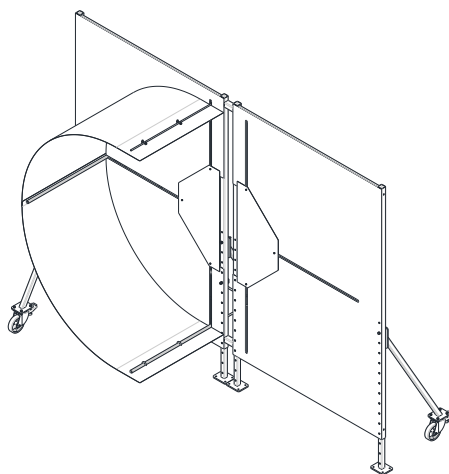
Opracowany w Instytucie KOMAG autorski projekt stanowiska badawczego [12], opiera się o modułową budowę, symulującą zarówno caliznę przodka, jak i ściany pozwalającą na szybkie odwzorowanie warunków pracy kombajnów ścianowych lub chodnikowych w celu wykonania badań skuteczności gaszenia metanu przez poddanie ocenie instalacji zraszających, stosowanych do ograniczania ryzyka zapłonu metanu w strefach zagrożonych wybuchem. Stanowisko zostało przewidziane do zabudowy i stosowania w hali badawczej, więc musiało spełnić szereg wymagań, takich jak prostota konstrukcji, mobilność, niska waga oraz bezpieczeństwo użytkowania.

Opracowane rozwiązanie składa się z dwóch uniwersalnych ścianek, które są lustrzanym odbiciem (rys. 4). Każda ze ścianek posiada ramę zewnętrzną, do której przyspawana jest blacha osłonowa. W każdej ze ścianek zastosowano trzy przewodnice (dwie pionowe i jedną poziomą) wykonane z kształtowników, umożliwiające przesuwanie się w nich palników będących jednocześnie elementem wsporczym blachy zawrębienia.



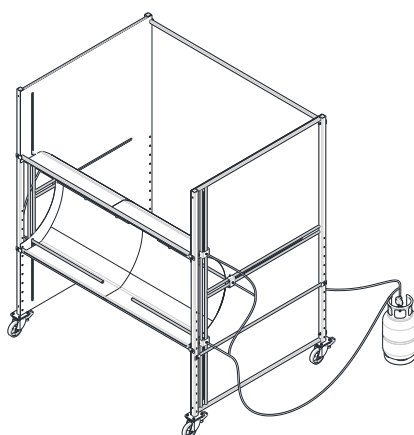
Rys. 4. Ścianka boczna uniwersalnego stanowiska badawczego - model 3D [12]

Prowadnice schodzą się do punktu wspólnego będącego osią symetrii łuku, symulującego zawrębiecie głowicy lub organu. Na palniku górnym oraz dolnym zamocowane są na stałe dwa fragmenty blach, których końce zachodzą na siebie na palniku środkowym. Zachodzenie blach umożliwia dostosowanie średnicy zawrębiecia do aktualnie badanej głowicy/organu bez zbędnych przeróbek stanowiska i bez wymiany blachy symulującej powierzchnię zawrębiecia. Obie ścianki wyposażono w boczne wycięcie o średnicy ok.  $\varnothing$  1000 mm, umożliwiające budowę modelu zawrębiecia dla przodków chodnikowych. W przypadku stosowania ścianki do modelu zawrębiecia organu w calinę ściany, otwór jest zaślepiany specjalną blachą (rys. 5).



Rys. 5. Stanowisko do badania skuteczności instalacji zraszania zabudowanych na ramionach kombajnów ścianowych - model 3D [12]

W przypadku stanowiska do badania instalacji zraszających kombajnów ścianowych, ścianki boczne ustawiane są obok siebie, z czego jedna ze ścianek pozbawiana jest palników oraz blachy na nich wspartej. Z kolei w przypadku stanowiska do badania instalacji zraszania kombajnów chodnikowych, ścianki boczne wyposażone są w palniki będące również wspornikami oraz blachę/blachy symulując powierzchnię zawrębiecia, ustawiane naprzeciw siebie tak, by końcami blachy nachodziły się ze sobą tworząc ciągłą powierzchnię zawrębiecia. Taki sposób budowy pozwala na zmianę szerokości stanowiska w zależności od potrzeb, bez potrzeby wymiany blachy tworzącej powierzchnię zawrębiecia (rys. 6).



Rys. 6. Stanowisko do badania skuteczności instalacji zraszania zabudowanych na wysięgnikach kombajnów chodnikowych - model 3D [12]

Palniki połączone są ze sobą przewodami elastycznymi, do których dostarczany jest gaz propan-butan z butli gazowej. Butla z gazem wyposażona jest w reduktor ciśnienia zapewniający stały dopływ gazu do palników.

### 3. Metodyka badań na opracowanym stanowisku

Dla zaprojektowanego stanowiska badawczego opracowano metodykę prowadzenia badań [12]. Realizacja badań stanowiskowych, wymaga:

1. pomiarów parametrów przepływowych wody lub wody i sprężonego powietrza,
2. oceny skuteczności działania instalacji zraszających badanych wysięgników/ramion kombajnów w aspekcie gaszenia zapłonu gazu oraz zapobiegania jego powstawaniu.

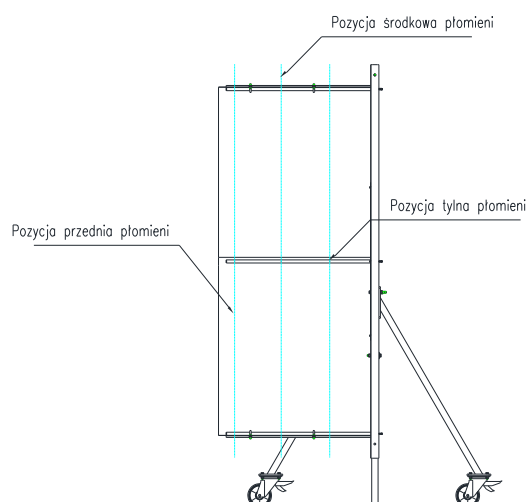
Pomiary parametrów przepływowych wody lub wody i sprężonego powietrza prowadzone będą w czasie badań skuteczności gaszenia oraz zapobiegania powstawania zapłonów i obejmują pomiary w następujących punktach badanej instalacji danego kombajnu:

- pomiar ciśnienia wody dostarczanej do instalacji,
- pomiar ilości wody (natężenia przepływu) dostarczanego do instalacji,
- pomiar ciśnienia powietrza dostarczanego do instalacji,
- pomiar ilości powietrza (natężenia przepływu) dostarczanego do instalacji,

Ocena skuteczności działania instalacji zraszających obejmować będzie dwa rodzaje pomiarów:

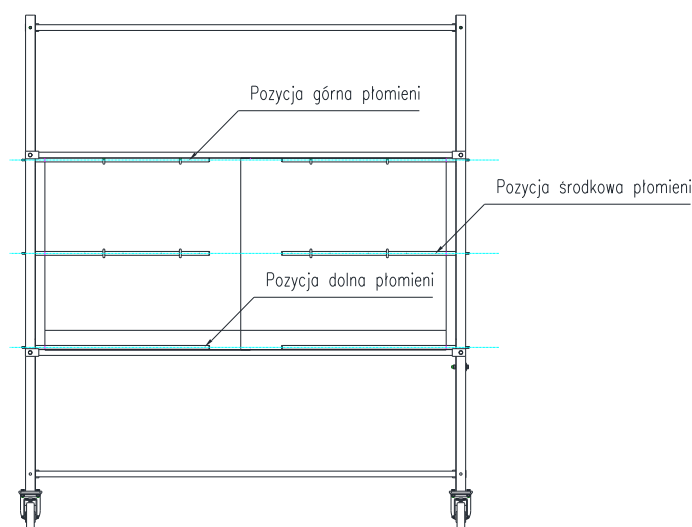
- skuteczności gaszenia zapłonów gazu,
- skuteczności zapobiegania powstawaniu zapłonów gazu.

Dla określenia skuteczności gaszenia zapłonów gazu na stanowisku badawczym wyposażonym w model ociosu, gdzie znajduje się ramię/wysięgnik i organ/głowica z badaną instalacją zraszającą, wymagane będzie podpalanie gazu wydostającego się z otworów wylotowych palników. Dla uzyskania palących się płomieni przewiduje się zastosowanie gazu propan-butan z butli wyposażonej w zawór redukcyjny. W przypadku badania instalacji zraszających kombajnu ścianowego, część otworów wylotowych palników zaślepiona zostanie taśmą tak, aby otwory wylotowe tworzyły łuk na obwodzie organu. Układ badanych przypadków płomieni w zawrębieniu modelu ociosu ścianowego, przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Widok rozmieszczenia płomieni w zawrębieniu modelu ociosu w przypadku badania instalacji kombajnu ściannowego [12]

W przypadku badania wysięgnika kombajnu chodnikowego, część otworów wylotowych wsporników zaślepiona powinna zostać tak, aby wylot gazu miał miejsce tylko na szerokości głowicy urabiającej, dla poszczególnych palników. Układ badanych przypadków płomieni w zawrębieniu modelu ociosu chodnikowego, przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Widok rozmieszczenia płomieni w zawrębieniu modelu ociosu w przypadku badania instalacji kombajnu chodnikowego [12]

Zarówno do badania instalacji zraszającej kombajnu ściannowego jak i chodnikowego, określenie skuteczności gaszenia będzie polegało na pomiarze stoperem czasu, od momentu uruchomienia działania instalacji do momentu zgaszenia płomienia. Każdy z pomiarów zostanie powtórzony co najmniej 3-krotnie dla działającej instalacji zraszającej, w każdym z 3 miejsc usytuowania palnika.

Badania skuteczności zapobiegania zapłonom gazu przy inicjowaniu takich zapłonów, oceniane będą pomiarem czasu jego ugaszenia od chwili zainicjowania zapłonu. Testy te prowadzone będą dla trzech różnych położenia palnika względem organu/głowicy urabiającej. Gaz do otworów wylotowych dostarczany będzie w sposób identyczny jak przy próbach skuteczności gaszenia zapłonów gazu. Inicjowanie zapłonów realizowane zostanie za pomocą zapalarki, która inicjować będzie iskry na



zapalnikami umieszczonych przy otworach palnika. Zakłada się, że do każdej próby wykorzystane zostaną 2 zapalniki. Każda z prób zainicjowania zapłonu gazu powinna zostać powtórzona co najmniej 3-krotnie dla działającej instalacji zraszającej, w każdym z 3 miejsc usytuowania wylotów gazu. Próby zainicjowania zapłonu gazu, przeprowadzone zostaną tylko przy prawidłowo działającej instalacji zraszającej (pracującej w zakresie parametrów nominalnych określonych w DTR).

#### 4. Budowa prototypu i testy ruchowe

Na podstawie opracowanej koncepcji stanowiska badawczego, przygotowano dokumentację techniczną, umożliwiającą wykonanie prototypu rozwiązania. W ramach budowy prototypu, wykonano ścianki boczne stanowiska oraz niezbędne elementy, umożliwiające zmontowanie stanowiska do badania skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez instalację zraszającą zabudowaną na kombajnie chodnikowym (rys. 9).



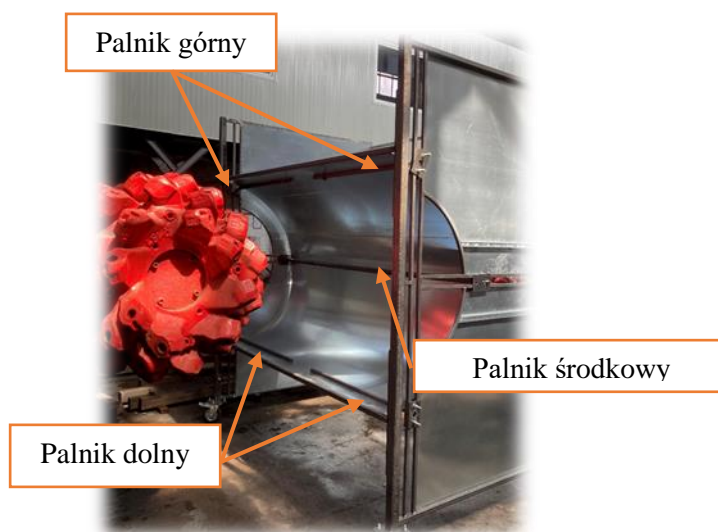
Rys. 9. Widok modelu calizny przodka chodnikowego, prototypu stanowiska do badania skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu gazu przez instalację zraszającą kombajnów chodnikowych

Stanowisko do badania skuteczności systemu zraszania w zakresie gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez iskry, zlokalizowano w hali badawczej Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. W skład stanowiska wchodził zbudowany prototyp modelu calizny przodka wraz z przewodami połączonymi z butlą z gazem propan-butan. Testy stanowiska polegały na przeprowadzeniu badania skuteczności gaszenia przez instalację zraszającą zabudowaną na wysięgniku kombajnu, występującego zapłonu oraz niedopuszczania do zapłonu przez powstające iskry [13].

Wysięgnik kombajnu umiejscowiono w hali badawczej ITG KOMAG, mocując go do podłoża. Do posadowionego wysięgnika, ustawiono model calizny przodka chodnikowego (symulujący zawrębiecie głowicy) tak, aby oś głowicy była zgodna z osią zawrębiecia w modelu (rys. 10). Wysięgnik kombajnu wyposażony był również w silnik elektryczny, umożliwiający wprawianie w ruch obrotowy głowicy kombajnu w trakcie badań. Zasilanie badanego systemu zraszania w wodę zapewniała pompa tłokowa znajdująca się na wyposażeniu hali badawczej.

Badania skuteczności działania systemu zraszania obejmowały:

- pomiary skuteczności gaszenia występującego zapłonu gazu,
- pomiary skuteczności zapobiegania powstawania zapłonu gazu przy inicjowaniu takich zapłonów zapalnikiem.



Rys. 10. Rozmieszczenie palników na powierzchni zawrębia [13]

Skuteczność gaszenia występującego zapłonu gazu (rys. 11) przeprowadzono dla każdego z trzech palników znajdujących się w górnej, środkowej i dolnej części powierzchni zawrębia głowicy urabiającej.



Rys. 11. Działanie baterii zraszającej [13]

Po dostarczeniu gazu do palnika, jego zapłon uzyskiwany był przez podanie ognia przy użyciu zapalanej pochodni o odpowiedniej długości (rys. 12).



Rys. 12. Widok występującego zapłonu [13]

Skuteczność zapobiegania powstawaniu zapłonu gazu przy inicjowaniu takich zapłonów zapalnikami (rys. 13), przeprowadzono trzykrotnie dla każdego z trzech palników: znajdujących się w górnej, środkowej i dolnej części powierzchni zawrębia głowicy urabiającej.





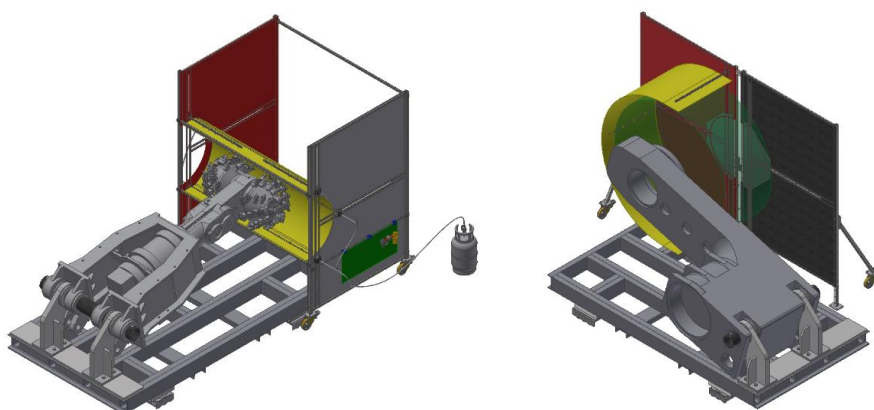
Rys. 13. Zapalnik umieszczony nad jednym z otworów palnika [13]

Gaz do palnika dostarczany był w taki sam sposób jak przy testach skuteczności gaszenia zapalonych płomieni. Inicjowanie zapłonów wykonywano za pomocą zapalarki, która inicjowała iskry na dwóch zapalnikach jednocześnie, umieszczonych nad otworami palnika (po stronie lewej i prawej głowicy).

Przeprowadzone badania oceny skuteczności instalacji zraszającej kombajnu chodnikowego, na prototypowym stanowisku badawczym, potwierdziły jego możliwości funkcjonalne i prawidłowe założenia projektowe.

## 5. Podsumowanie i wnioski

W przedstawionym rozdziale zaprezentowano projekt uniwersalnego stanowiska badawczego do badania skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu przez instalacje zraszające kombajnów ścianowych i chodnikowych, opracowany przez ITG KOMAG. W projekcie skupiono się na opracowaniu uniwersalnego modelu ociosu wyrobiska ścianowego i chodnikowego oraz na układzie doprowadzenia i rozprowadzenia gazu symulującego wypływ metanu (rys. 14). Zaletą opracowanego rozwiązania jest możliwość wykorzystywania go do różnych wielkości głowic/organów. Zmiana stanowiska z wersji do badania instalacji zraszających kombajnów ścianowych na wersję do badania instalacji zraszających kombajnów chodnikowych wymaga jedynie odpowiedniego ustawienia blach bocznych.



Rys. 14. Model przestrzenny stanowiska: a) do badania skuteczności działania instalacji zraszającej zabudowanej na kombajnie chodnikowym, b) do badania skuteczności działania instalacji zraszającej zabudowanej na kombajnie ścianowym

Dla zaprojektowanego stanowiska opracowano metodykę prowadzenia badań dotyczących oceny skuteczności gaszenia zapłonu gazu oraz skuteczności niedopuszczania do zapłonu gazu, przez badane instalacje zraszające kombajnów ścianowych i chodnikowych. Na podstawie wykonanej dokumentacji

technicznej, zbudowano egzemplarz prototypowy stanowiska w specyfikacji do badań instalacji zraszających kombajnów chodnikowych. Przeprowadzone testy stanowiska, w formie pierwszych badań oceny instalacji zraszającej na kombajnie chodnikowej, wykazały jego prawidłowe działanie i szereg zalet, takich jak szybkość jego dostosowania do dostarczonego egzemplarza badawczego wysięgnika kombajnu.

Przedstawione rozwiązanie stanowiska oraz opracowana metodyka badań, pozwala realizować badania w formie prac usługowych przez ITG KOMAG, na wysięgnikach/ramionach kombajnów wyposażonych w instalacje zraszające. Realizacja badań kombajnów, przewidziana jest dla producentów polskich jak i zagranicznych, chcących wdrożyć rozwiązania do warunków górnictwa podziemnego, z zagrożeniem metanowym.

## Literatura

1. Belle B., Clapham S.: An improved wet-head system: prevention of incendive ignitions and dust control, 2002
2. Belle B., Carey D., Robertson B.: Prevention of frictional ignition in coal mines using chilled water sprays, 2012
3. Górny M.: Systemy zraszania w kombajnach górniczych a funkcje bezpieczeństwa przeciwwybuchowego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2015, s. 28-39
4. Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U. 2017 poz.1118)
5. Prospekty i materiały informacyjne firmy Sandvik Mining and Construction (materiały niepublikowane)
6. Lebecki K., Prostański D., Sedlaczek J., Zellner E.: Wyniki pilotażowych badań nowej instalacji powietrzno-wodnego zraszania na kombajnach ścianowych, w aspekcie gaszenia i zapobiegania zapłonom gazu. Przegląd Górniczy 2006 nr 7-8, s. 76-81
7. Prostański D., Bałaga D., Rojek P., Wiśniarz D., Mentlik K.: Instalacja zraszająca w kombajnie KSW-460NE. Wiadomości Górnicze, 2007, 58(7-8), s. 409-416
8. Prostański D., Rojek P.: Projektowanie, badania oraz próby eksploatacyjne instalacji zraszania powietrzno-wodnego do zwalczania zapylenia i zagrożeń metanowych, w kombajnie ścianowym typu KSW-460NE. Maszyny Górnicze 2006, nr 4, 37-44
9. Libera K., Puchała B., Prostański D., Bałaga D.: System powietrzno-wodnej instalacji zraszającej w kombajnach chodnikowych produkcji REMAG-u. Maszyny Górnicze 2010, nr 2, s. 19-24
10. Prostański D., Bałaga D., Rojek P., Sedlaczek J.: Wyniki badań stanowiskowych kurtyny powietrzno-wodnej do kombajnu chodnikowego R-200. WUG: bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie, 2008, s.30-37
11. Bałaga D., Jedziniak M., Kalita M., Siegmund M., Szkudlarek Z.: Metody i środki zwalczania zagrożeń pyłowych i metanowych w górnictwie węglowym. Maszyny Górnicze, 2015 nr 3 s. 68-81
12. Bałaga D. i inni: Koncepcja i dokumentacja stanowisk do badań skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu instalacji zraszających kombajnów ścianowych i chodnikowych, wraz z analizą formalno-prawną realizacji badań i szacowaniem kosztów wykonania. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. 2020 (materiały niepublikowane)
13. Ocena skuteczności instalacji zraszania zewnętrznego zabudowanego na wysięgniku kombajnu chodnikowego typu AM-75-EX-S w zakresie gaszenia i niedopuszczania do zapłonu metanu poprzez iskry na podstawie badań stanowiskowych, Nr 151/AO/2021, Gliwice, maj 2021 (materiały niepublikowane)