

Rozwój elektrycznych urządzeń budowy przeciwwybuchowej dla kopalń metanowych

Stefan Gierlotka

Górnictwo od samego początku było zawodem niebezpiecznym, a katastrofy górnicze zdarzały się często. Specyfika warunków środowiskowych podziemnych kopalń, zwłaszcza podczas eksploatacji pokładów węgla, przejawia się występowaniem wybuchowych gazów i pyłu węglowego. Największe niebezpieczeństwo w wyrobiskach górniczych powoduje obecność metanu CH_4 , który zagraża wybuchem. Objętościowa zawartość metanu od 4,9 do 15,4% w powietrzu powoduje jego stężenie wybuchowe.

Innym czynnikiem wybuchowym jest pył węglowy powstający przy urabianiu, ładowaniu i transporcie urobku. Pyłem kopalnianym określa się drobne cząstki skał o średnicy poniżej 1 mm. Zakres wybuchowości pyłu węglowego wynosi od 50 g/m³ do 4 kg/m³.

Pierwsze badania nad wybuchowością gazów kopalnianych

W połowie XIX wieku w kopalniach angielskich i niemieckich dochodziło do częstych zapaleń i wybuchów gazów atmosfery podziemnej. Pierwsze badania nad wybuchowością gazów kopalnianych podjęto tam w latach osiemdziesiątych XIX wieku. Badania obejmowały inicjacje wybuchów gazów od stosowanych przez górników lamp płomiennych. Wyniki prowadzonych badań doprowadziły do skonstruowania początkowo osłony siatkowej dla górniczych lamp płomiennych, a ostatecznie do skonstruowania benzynowej lampy bezpieczeństwa.

Z końcem XIX wieku rozpoczęto wprowadzanie urządzeń elektrycznych do wyrobisk podziemnych. Początkowo były to lampy oświetleniowe i dzwonki elektryczne. Wkrótce zaobserwowano inicjacje wybuchów gazów kopalnianych od iskier generowanych w stosowanej aparaturze elektrycznej.

W Niemczech badania nad możliwością zapalenia gazów atmosfery kopalnianej od iskier elektrycznych rozpoczął Otto Lehmann w 1884 roku. Prace prowadzono w górniczej stacji badawczej w Dortmundzie-Derne. Rozpoczęte prace nad określeniem bezpiecznej wartości napięcia dla iskier generowanych przerywaczem w dzwonek elektrycznych kontynuował z początkiem XX wieku Carl Beyling. W 1902 roku ustalono bezpieczną wartość napięcia 10 V dla zasilania obwodów sygnalizacji dzwonek, stosowanych w atmosferze zagrożonej obecnością metanu. Dalsze badania prowadzone przez Carla Beylinga skupione były nad konstrukcją budowy przeciwwybuchowej dla aparatury elektrycznej stosowanej w kopalniach

metanowych. W wyniku prowadzonych prac Związek Elektrotechników Niemieckich VDE (*Verband Deutscher Elektrotechniker*) wydał w 1912 roku pierwsze przepisy znakowane symbolem VDE 0170, określające dla urządzeń elektrycznych wymagania budowy przeciwwybuchowej stosowanej w kopalniach metanowych.

W kopalniach angielskich badania nad wybuchowością mieszaniny gazów kopalnianych inicjowanych energią iskier elektrycznych wykonywał Adolph Wüllner jeszcze pod koniec XIX wieku. Od 1908 roku badania kontynuowali Statham oraz R.V. Wheeler na Wydziale Górniczym Uniwersytetu w Sheffield. Badania obejmowały nie tylko zagrożenie wybuchem metanu, ale także wybuchowość pyłu węglowego. Prace wykonywano na zlecenie The Mining Association of Great Britain. Wyniki badań doprowadziły do wydania w 1911 roku przez the British Engineering Standards Association (BESA) pierwszych wymagań technicznych dla urządzeń elektrycznych przeznaczonych dla kopalń węgla. Przepisy dopuszczały stosowanie urządzeń elektrycznych budowy normalnej w tych kopalniach, w których nie występuje zagrożenie metanem. Użytkowanie urządzeń elektrycznych w atmosferze zagrożonej metanem wymagało przeprowadzania regularnych pomiarów jego stężenia, a po stwierdzeniu przekroczenia ustalonych progów – wyłączenia instalacji elektrycznej w zagrożonym obszarze. Przepisy określały również dla urządzeń elektrycznych wymagania techniczne budowy przeciwwybuchowej.

W 1913 roku w angielskiej kopalni Senghenydd Colliery (Glamorganshire, Południowa Walia, doszło do wybuchu metanu zainicjowanego iskrami z obwodu elektrycznego sygnalizacji dzwonek o napięciu 15 V, w którym śmierć poniosło 439 górników. Od tego wydarzenia rozpoczęły się intensywne badania naukowe prowadzone przez Williama Mundella Thorntona z Armstrong College w Newcastle on Tyne, należącego do Uniwersytetu w Durham, oraz R.V. Wheelera z Uniwersytetu w Sheffield nad elektrycznymi urządzeniami dla kopalń zagrożonych atmosferą gazów wybuchowych. Badania skupione były nad energią iskier zapalających mieszaninę wybuchową metanu. Wydany w 1916 roku przez Home Office wspólny raport z prac Wheelera oraz Thorntona stanowił naukowe opracowanie problemu ze wskazaniem dla konstruowania obwodów elektrycznych sygnalizacji dzwonek prądu stałego. Dalsze badania obejmowały konstrukcję osłony przeciwwybuchowej dla górniczych urządzeń elektrycznych. Zadaniem osłony jest niedopuszczenie do przedostania się ognia – z zaistniałego wybuchu

w jej wnętrzu – na zewnątrz osłony do atmosfery zagrożonej gazami wybuchowymi. W 1929 roku Brytyjskie Biuro Standardów (BSI – *British Standard Institution*) wydało normę dla urządzeń elektrycznych budowy ognioszczelnej.

W 1929 roku na Wydziale Górniczym Uniwersytetu w Sheffield utworzono oddzielny zakład badawczy, zajmujący się wyłącznie sprawami ognioszczelności i iskrobezpieczeństwa. Prowadzone w Wielkiej Brytanii przez Wheelera badania dotyczyły określenia wartości minimalnych energii zapłonu różnych mieszanek wybuchowych. Ponieważ trudno było kontrolować stan zagrożenia przez pomiar energii iskier pochodzących od urządzeń elektrycznych, H. Allsop wprowadził pojęcie minimalnego prądu zapalającego, który pozostał wielkością charakteryzującą obwody iskrobezpieczne. Na podstawie minimalnego prądu zapalającego oraz minimalnego napięcia zapalającego B.D. Wigginton opracował tzw. charakterystyki iskrobezpieczeństwa. Na podstawie wykonanych badań wydano w 1945 roku pierwszą normę z zakresu iskrobezpieczeństwa: *Intrinsically safe electrical apparatus and circuits for use in explosive atmospheres*.

W górnictwie Stanów Zjednoczonych badania nad urządzeniami budowy przeciwybuchowej i urządzeniami iskrobezpiecznymi prowadzili Bernard Lewis oraz Guenther von Elbe w the U.S. Bureau of Mines. W 1938 roku opublikowano instrukcję stosowania budowy przeciwybuchowej dla urządzeń elektrycznych i telefonicznych w kopalniach gazowych.

Krajowe prace nad stosowaniem elektrycznych urządzeń przeciwybuchowych w okresie międzywojennym

Na Górnym Śląsku, po plebiscycie w 1921 roku, większość kopalń wcześniej niemieckich znalazła się po stronie polskiej. Kopalnie te stosowały nadal niemieckie przepisy górnicze. W 1929 roku wydano w Polsce pierwszą normę dotyczącą stosowania urządzeń elektrycznych w kopalniach zagrożonych metanem PNE –17/1929 „Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w podziemiach kopalń”, sporządzoną na podstawie wymogów niemieckich przepisów VDE Verband Deutscher Elektrotechniker. Była to pierwsza norma bezpieczeństwa użytkowania urządzeń elektrycznych w polskim górnictwie. Normę poprawiano i uzupełniano w latach 1930 oraz 1937, a po wojnie w 1946 roku. Norma ta została wydana przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich przy współudziale Stowarzyszenia Dozoru Kotłów Parowych w Katowicach, którym kierował Jan Obrąpalski. Prace nad poprawkami prowadzono z udziałem Czechosłowackiego Związku Elektrotechników ESC. Przepisy nabrały mocy obowiązującej Zarządzeniem Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 15 lipca 1938 roku. Norma wymagała, aby wszystkie urządzenia elektryczne były tak budowane i użytkowane, aby nie powstawały niebezpieczne iskry w przestrzeni otaczającej. Osłona ognioszczelna powinna zapobiegać przedostaniu się ognia powstałego wewnątrz urządzenia do zewnętrznej przestrzeni otaczającej. Pokrywy osłony powinny być wykonane jako stalowe połączenia kołnierzowe, o szerokości złącza nie mniejszej niż 25 mm i gładko obrobionej powierzchni styku. Poprawność wykonania



Rys. 1. Kopalnia Doświadczalna „Barbara” w Mikołowie



Rys. 2. Ognioszczelna stacja transformatorowa

konstrukcji urządzenia powinna potwierdzać uprawniona jednostka atestacyjna.

W Polsce badania nad zagadnieniami budowy przeciwybuchowej wykonywała Kopalnia Doświadczalna „Barbara” w Mikołowie, która powołana została w roku 1925 na mocy ustawy sejmowej. Placówka ta otrzymała nazwę Kopalnia Doświadczalna „Barbara” – Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego i Obserwatorium Magnetyczne w Mikołowie. Ośrodek ten był pierwszą w Polsce stacją doświadczalną zajmującą się problemami bezpieczeństwa pracy w górnictwie. Przed wojną Kopalnia Doświadczalna „Barbara”, jako jedyna w Polsce, wydawała atesty na urządzenia budowy przeciwybuchowej w myśl normy PNE –17/1929. Kopalnia Doświadczalna „Barbara” w Mikołowie spełniała warunki jednostki uprawnionej do potwierdzania poprawności wykonania konstrukcji urządzeń elektrycznych dla stosowania w przestrzeniach zagrożonych gazami wybuchowymi w kopalniach oraz innymi gazami wybuchowymi w przemyśle chemicznym.

Badania nad elektrycznymi urządzeniami budowy przeciwybuchowej wykonywane po 1945 roku

Po drugiej wojnie światowej Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (IEC – *International Electrotechnical Commission*) powołała komitet techniczny do opracowania przepisów z zakresu zabezpieczeń dla budowy przeciwybuchowej urządzeń elektrycznych. Pierwsze posiedzenie komitetu odbyło się w Londynie w 1948 roku i poświęcone było budowie ognioszczelnej. W 1956 roku komitet normalizacyjny w USA wydał pierwsze normy z zakresu iskrobezpieczeństwa.

W Polsce, w 1958 roku, opracowano i wydano nową normę PN-57/E-08101 „Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe dla górnictwa węglowego”, zastępującą aktualizowaną po wojnie normę przedwojenną PNE –17/1929. Nowa norma podawała definicje, przepisy konstrukcyjne, metodykę badawczą, zasady cechowania w odniesieniu do rodzajów budowy przeciwybuchowej. Do wymaganych badań osłony ognioszczelnej należała ciśnieniowa próba osłon na wybuch metanu. Norma z roku 1957 wprowadziła wymagania znakowania urządzeń przeciwybuchowych. Urządzenia w osłonie ognioszczelnej cechowano znakiem BM, natomiast urządzenia budowy wzmocnionej znakiem BW. Uzupełnieniem tej normy była wydana w 1959 roku norma PN-59/E-05050 „Przepisy budowy urządzeń elektrycznych w podziemiach kopalń”.

Pierwsze, jeszcze przedwojenne urządzenia przeciwybuchowe w osłonie ognioszczelnej, według wymagań normy PNE–17 z 1929 roku, poddawane były jedynie badaniu wytrzymałości mechanicznej, ciśnieniom statycznym oraz kontroli wymiarów szczelin ognioszczelnych. Dopiero norma PN-57/E-08101 wprowadziła wymagania przeprowadzania prób wybuchowych osłony ognioszczelnej dla sprawdzenia wytrzymałości mechanicznej na ciśnienie wybuchu (określone w normie) oraz sprawdzenie zabezpieczenia przed przeniesieniem się wybuchu na zewnątrz.

W krajach członkowskich RWPG opracowaniem zaleceń konstrukcyjnych i badań urządzeń elektrycznych dla atmosfer wybuchowych, w tym także w wykonaniu iskrobezpiecznym, zajmowała się Sekcja 10 Elektrotechnika – Komisji Maszynowej. Na dwóch sesjach grupy roboczej ekspertów z krajów RWPG – w 1963 roku w Dreźnie i w 1965 roku w Lipsku – uzgodniono zalecenia normalizacyjne „Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe – Przepisy konstrukcji i metody badań”. Zalecenia te zostały zatwierdzone w październiku w 1966 roku przez Stałą Komisję Maszynową RWPG z decyzją wprowadzenia ich do norm krajowych w państwach członkowskich.

W 1966 roku, w ramach zaleceń RWPG, powołano zespół specjalistów wśród pracowników Kopalni Doświadczalnej „Barbara” w Mikołowie oraz Zakładu Konstrukcyjno-Doświadczalnego Przemysłu Maszyn Elektrycznych KOMEL, którzy opracowali normy dla różnych rodzajów budowy przeciwybuchowej.

W roku 1972 wydano nową edycję Polskich Norm z zakresu bezpieczeństwa przeciwybuchowego, dotyczących zarówno urządzeń górniczych, jak i urządzeń dla przemysłu chemicznego. Wymagania dla różnych rodzajów budowy opracowano w normie PN-72/E-08110 „Elektryczne urządzenia



Rys. 3. Ognioszczelny wyłącznik typu OW 206K

przeciwybuchowe – Wymagania i badania wspólne dla różnych rodzajów budowy”. Wymagania odnoszące się do osłon ognioszczelnych opracowano w normie PN-72/E-08116 „Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe – Urządzenia z osłoną ognioszczelną”. Normy z roku 1972 wprowadziły podział na klasy wybuchowości: grupę I – górnictwo; grupę II z podziałem na IIA, IIB oraz IIC – przemysł chemiczny. Ponadto wprowadzono podział na grupy zapłonowe, zgodne z późniejszymi klasami temperaturowymi T1–T6. Utrzymane zostało oddzielne cechowanie urządzeń: B – dla urządzeń górniczych, Ex – dla urządzeń stosowanych w przemyśle chemicznym.

Normy z roku 1972 zostały zastąpione serią odpowiadających im norm w 1983 roku. Normą podstawową była PN-83/E-08110 „Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe. Wspólne wymagania i badania”. Podstawowymi wprowadzonymi zmianami było znakowanie symbolem Ex urządzeń górniczych oraz chemicznych. Symbol budowy przeciwybuchowej był uzupełniany znakami określającymi poszczególne rodzaje wykonania przeciwybuchowego, zgodnego z systemem międzynarodowym: d – osłona ognioszczelna, i – wykonanie iskrobezpieczne, e – budowa wzmocniona, o – osłona z wypełnieniem cieczowym, p – osłona przewietrzana lub z nadciśnieniem, q – osłona z wypełnieniem piaskowym, s – budowa specjalna.

Urządzenia budowy wzmocnionej (BW, ExeI) charakteryzowały się zwiększoną pewnością mechaniczną i elektryczną przed powstaniem uszkodzeń, mogących stworzyć warunki do wywołania wybuchu mieszaniny wybuchowej.

Urządzenia z osłoną ognioszczelną (BM, ExdI) powinny wytrzymać bez uszkodzeń i trwałych odkształceń ciśnienie wybuchu mieszaniny wybuchowej wewnątrz osłony oraz zapobiegać przeniesieniu wybuchu na zewnątrz urządzenia elektrycznego, do otaczającego środowiska zawierającego mieszaninę wybuchową.



Rys. 4. Ognioszczelne pole rozdzielcze typu ROK 6 kV

Zagadnienie bezpieczeństwa w obwodach iskrobezpiecznych opracowano w 1972 roku, wydając normę PN-72/E-08107 „Urządzenia iskrobezpieczne”. Norma dzieliła urządzenia iskrobezpieczne na dwie klasy według oznaczeń I BI i II BI. Najwyższy stopień bezpieczeństwa miały urządzenia klasy II BI, przeznaczone do pomieszczeń o dowolnej koncentracji metanu. W roku 1984 normę tę zastąpiono normą PN-84/E-08107 „Urządzenia i obwody iskrobezpieczne”. Obwody iskrobezpieczne stanowiły wykonania, w których mogące powstawać iskry elektryczne w normalnym lub awaryjnym stanie pracy nie powodują zapalenia mieszaniny wybuchowej określonego gazu. Urządzenia elektryczne iskrobezpieczne posiadały wszystkie obwody elektryczne, wewnętrzne i zewnętrzne wraz ze źródłami zasilającymi w wykonaniu iskrobezpiecznym.

Z prowadzonych badań nad zagadnieniami przeciwwybuchowymi dla potrzeb górnictwa skorzystał przemysł chemiczny, a zwłaszcza petrochemiczny, przejmując opracowane wyniki i ustalenia konstrukcyjne.

Zgodnie z postanowieniami wydanego w 1994 roku „Prawa geologicznego i górniczego” maszyny i urządzenia mogą być stosowane w zakładzie górnym tylko po dopuszczeniu ich, w drodze decyzji prezesa Wyższego Urzędu Górniczego. Jako znak dopuszczenia nadawano litery: GE – dla maszyn i urządzeń elektrycznych budowy zwykłej i GX – dla maszyn i urządzeń elektrycznych budowy przeciwwybuchowej. Maszyny i urządzenia, szczególnie budowy przeciwwybuchowej, oznaczane były cechami ustanowionymi w normach przedmiotowych, np. ExdI.

Użytkowanie urządzeń budowy przeciwwybuchowej ograniczone zostało do 2% nagromadzenia się metanu w powietrzu. Przy stężeniach wyższych niż 2% CH₄ wymaga się wyłączenia zasilania elektrycznego w danym rejonie.


W roku 1997 wprowadzono w Polsce normy europejskie serii EN 50014, które w krajach Europy Zachodniej opracowane zostały w 1977 roku. W roku 2006 zostały one zastąpione przez międzynarodowe normy serii IEC 60079. Do chwili wprowadzenia w Polsce norm europejskich urządzenia oznaczane były symbolem Ex. Wraz z przyjęciem norm serii EN 50014 oznaczenie miało symbol EEx, by w roku 2006 – z przyjęciem norm ogólnosiwiatowych – powrócić do oznakowania Ex.

Podsumowanie

Elektryfikacja kopalń, w swej specyfice występujących zagrożeń, narzucała określone wymagania stosowanym urządzeniom elektrycznym. Dzięki rozwojowi elektrotechniki górniczej rozwijały się nowe specjalizacje naukowe. Dla potrzeb górnictwa podjęto prace badawcze z zakresu stosowania i konstrukcji urządzeń elektrycznych budowy przeciwwybuchowej. Z wyników tych badań i doświadczeń skorzystał przemysł chemiczny, a zwłaszcza petrochemiczny.

Literatura

- [1] FRĄCZEK J.: *Aparatura przeciwwybuchowa w wykonaniu iskrobezpiecznym*. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, 1995.
- [2] GIERLOTKA S.: *Historia górnictwa – technika/mechanizacja/elektryfikacja*. Wydawnictwo Naukowe Śląsk – wyd. II. Katowice 2017.
- [3] GIERLOTKA S.: *Historia elektrotechniki*. Wydawnictwo Naukowe Śląsk, Katowice 2012.
- [4] GIERLOTKA S.: *Elektryfikacja górnictwa. Zarys historyczny*. Wydawnictwo Naukowe Śląsk, Katowice 2016.
- [5] GLUZIŃSKI W.: *Energia w kopalni węgla kamiennego*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1970.
- [6] GLUZIŃSKI W.: *Elektryfikacja podziemi kopalń. Cz. II*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1981.
- [7] GÓRNY M.: *Historia bezpieczeństwa przeciwwybuchowego w Polsce. Bezpieczeństwo przeciwwybuchowe – wybrane zagadnienia. Praca zbiorowa*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2013.
- [8] KRASUCKI F.: *Zagrożenia elektryczne w górnictwie*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1984.
- [9] KRUPIŃSKI B.: *Technika bezpieczeństwa w górnictwie*. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1953.
- [10] OBRĄPAŁSKI J.: *Elektryczność w wielkim przemyśle Polskiego Zagłębia Węglowego*. „Przegląd Elektrotechniczny” 14/1939.
- [11] Przepisy Technicznej Eksploatacji Kopalń Węgla Kamiennego, Uchwała Prezydium Rządu z dnia 24 marca 1951. PWT Katowice 1951.

 dr hab. inż. Stefan Gierlotka

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa