

MASZYNY GÓRNICZE

2/2019

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



MASZYNY GÓRNICZE

MINING MACHINES

2(158)2019

Kwartalnik naukowo-techniczny
Rok XXXVII, czerwiec 2019

Zespół Redakcyjny:

Redaktor Naczelny:

dr hab. inż. Dariusz Prostański
prof. ITG KOMAG

Z-ca Redaktora Naczelnego:

dr inż. Edward Pieczora

Sekretarz Redakcji:

mgr inż. Romana Zając

Redaktor statystyczny:

dr inż. Jarosław Tokarczyk

Redaktor językowy:

mgr Elżbieta Kwaśniewska-Gajda

Redaktorzy tematyczni:

dr hab. inż. Beata Grynkiewicz-Bylina
prof. ITG KOMAG

prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński

dr hab. inż. Stanisław Szweda

prof. ITG KOMAG

dr hab. inż. Stanisław Trenczek

prof. ITG KOMAG

dr inż. Krzysztof Stankiewicz

dr inż. Jarosław Tokarczyk

Korekta i skład:

mgr inż. Marzena Pabian-Macina

Wydawca:

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
tel. 32 2374 129
<http://www.komag.eu>

Wersję elektroniczną wydawanego
kwartalnika należy traktować jako
wersję pierwotną.



ISSN 2450-9442

Szanowni Państwo

W kwietniu 2019 rozpoczęła działalność trzecia największa sieć badawcza w Europie. Sieć tworzą Centrum Łukasiewicz oraz 38 instytutów badawczych. Głównym celem działalności Sieci jest prowadzenie prac badawczych kluczowych z punktu widzenia polityki kraju i komercjalizacja ich wyników. Powstanie Sieci ma stanowić odpowiedź na potrzebę wsparcia administracji publicznej specjalistyczną wiedzą ekspercką, szczególnie w obszarach związanych z nowoczesnymi technologiami. Równocześnie instytuty badawcze nadzorowane przez Ministra Energii tworzą własną sieć, w ramach której wypracowywane są rozwiązania i prowadzone prace na rzecz sektora górnictwa i energetyki.

Niezależnie od usytuowania poszczególnych Instytutów, nadrzędnymi celami ich działania jest prowadzenie działalności badawczej i naukowej wpływającej na funkcjonowanie społeczeństwa i gospodarki oraz proponowanie rozwiązań, które pomagają usprawniać biznes i tworzyć technologie zmieniające otoczenie.

Pomimo zróżnicowanego stanowiska wielu organizacji do branży węglowej, w 2019 roku spółki węglowe planują realizować wiele innowacyjnych projektów. Zamierzają również wchodzić w nowe obszary i poszerzać swoją dotychczasową działalność. Wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w działalności przemysłowej jest procesem trudnym, długotrwałym i kosztownym. Dlatego też bez aktywnego wspomaganie ze strony jednostek naukowych, badawczych, często stosowanie innowacyjnych rozwiązań napotyka na bariery i opory ze strony producentów.

W niniejszym numerze Maszyn Górniczych prezentujemy prace poświęcone najnowszym rozwiązaniom naukowo-badawczym, technicznym i organizacyjnym z zakresu techniki i technologii dla przemysłu surowców naturalnych.

Jak zwykle, przedstawiona w artykułach tematyka uwzględnia procesy projektowania, badania, wytwarzania i eksploatacji innowacyjnych rozwiązań technicznych.

Szczególną uwagę chcielibyśmy zwrócić na tematykę zastosowania magnesów neodymowych w hamulcach urządzeń małej mechanizacji oraz technicznych możliwości wykorzystania metanu ze zlikwidowanych kopalń. Warto także zapoznać się z pracami realizowanymi w ramach projektu europejskiego INESI, których celem jest zwiększenie efektywności wentylatorów stosowanych w podziemiach kopalń.

Życząc Państwu przyjemnej lektury zapraszamy tradycyjnie do współpracy z Redakcją naszego kwartalnika.

*Redakcja Naukowa
Kwartalnika „Maszyny Górnicze”*

PROJEKTOWANIE I BADANIA

Janas S., Nieśpiałowski K.: Rozwiązanie koncepcyjne platformy podmostowej do prac montażowo-remontowych	3
Dobrzaniecki P.: Analiza możliwości zastosowania magnesów neodymowych w hamulcach urządzeń małej mechanizacji ..	13
Drwięga A., Szelka M., Turewicz A.: Szybkie prototypowanie łopatek wentylatorów	27

SYSTEMY STEROWANIA, MONITORINGU I DIAGNOSTYKI

Polnik B., Kurpiel W.: System monitorowania baterii ogniwo-łowiowych	37
Nieśpiałowski K.: Układ sterowania pneumatycznego kołowrotu górniczego ...	45

NOWE TECHNOLOGIE I MATERIAŁY

Trenczek S., Krause E.: Techniczne i efektywnościowe aspekty wykorzystania metanu ze zlikwidowanych kopalń	56
--	----

PROGRAMY BADAWCZE

Pieczora E., Hordyniak E.: Czy warto realizować projekty wspierane z funduszy unijnych?	66
---	----

JAKOŚĆ, CERTYFIKACJA, NORMALIZACJA, ZARZĄDZANIE

Zajac R.: Podejście procesowe w zarządzaniu laboratorium badawczym w świetle zmienionych wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02	79
--	----

DESIGNING AND TESTING

Janas S., Nieśpiałowski K.: Concept of the under-bridge platform for assembly and servicing operations	3
Dobrzaniecki P.: Analysis of the possibility of using neodymium magnets in brakes of small mechanization devices	13
Drwięga A., Szelka M., Turewicz A.: Rapid prototyping axial fan blades	27

SYSTEMS FOR CONTROL, MONITORING AND DIAGNOSTICS

Polnik B., Kurpiel W.: System for monitoring lead-acid battery pack	37
Nieśpiałowski K.: Pneumatic control system for a mine winch	45

NEW TECHNOLOGIES AND MATERIALS

Trenczek S., Krause E.: Technical and efficiency aspects of the use of methane from liquidated mines	56
--	----

RESEARCH PROGRAMS

Pieczora E., Hordyniak E.: Is it worth implementing projects supported by EU funds?	66
---	----

QUALITY, CERTIFICATION, STANDARDIZATION, MANAGEMENT

Zajac R.: Process-based approach in the laboratory management system in the light of the changed requirements in the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 Standard	79
---	----

Rozwiązanie koncepcyjne platformy podmostowej do prac montażowo-remontowych

Sebastian Janas
Krzysztof Nieśpiałowski

Concept of the under-bridge platform for assembly and servicing operations

Streszczenie:

Zewnętrzne powierzchnie konstrukcyjne płyt dolnych mostów i wiaduktów oraz prowadzone pod nimi rurociągi i różnego typu przewody (energetyczne, telekomunikacyjne i inne), wymagają podczas budowy obiektu bezpośredniego do nich dostępu, a w późniejszym czasie okresowego serwisowania. Prace te z reguły prowadzone są przy użyciu różnego typu podestów, platform (w tym osadzonych na samochodach), rusztowań czy zwyżek. Alternatywą takiego podejścia może być wykorzystanie podwieszanych platform podmostowych, mocowanych krawędziowo. Urządzenia te mogą być eksploatowane podczas normalnego użytkowania mostu (wiaduktu), bez konieczności ograniczenia na nim, bądź pod nim, ruchu kołowego czy szynowego. W artykule przybliżono rozwiązanie koncepcyjne platformy podmostowej, na której może jednocześnie pracować ośmiu robotników. Przedstawiono również badania symulacyjne metodą MES jej głównych podzespołów, które ułatwiły ocenę poprawności budowy urządzenia.

Słowa kluczowe: platforma podmostowa, rusztowanie, podnośnik

Keywords: under-bridge platform, scaffolding, lift

Abstract:

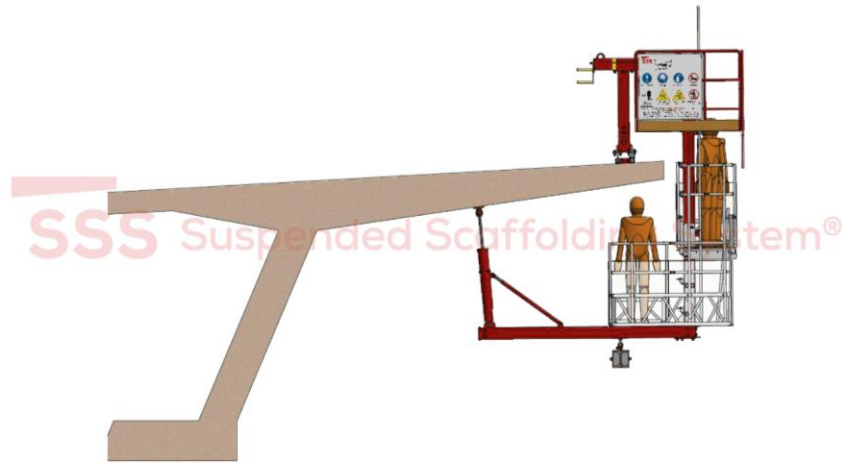
External surfaces of bottom bridges and viaducts plates as well as underlying pipelines and wires (power supply, telecommunication, etc.) require direct access during the construction work and for periodical servicing. Usually, such a work is realized using the different types of platforms (including those installed on trucks), scaffoldings or lifts. Use of suspended edge-mounted under-bridge platforms can be an alternative solution. These devices can be used during normal bridge operation without necessity of traffic limitation on the bridge or under the bridge. The concept of under-bridge platform, on which eight servicemen can work at the same time is described. The simulation tests of its main subassemblies using the FEM method, which enabled assessing the correctness of design are presented.

1. Wprowadzenie

Zewnętrzne powierzchnie konstrukcyjne płyt dolnych mostów i wiaduktów oraz prowadzone pod nimi rurociągi i różnego typu przewody (energetyczne, telekomunikacyjne i inne), wymagają podczas budowy obiektu bezpośredniego do nich dostępu, a w późniejszym czasie okresowego serwisowania. Prace te z reguły prowadzone są przy użyciu różnego typu podestów, platform, rusztowań czy zwyżek [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Alternatywą takiego podejścia może być wykorzystanie podwieszanych platform podmostowych, mocowanych krawędziowo. Urządzenia te mogą być eksploatowane podczas normalnego użytkowania mostu (wiaduktu), bez konieczności ograniczenia na nim, bądź pod nim, ruchu kołowego czy szynowego.

W chwili obecnej na rynku jest kilka sztuk małych platform podmostowych (Suspended Scaffolding System - rys. 1), jednak wyzwaniem jest opracowanie konstrukcji umożliwiającej bezpieczną pracę zespołu 5-8 osobowego z odpowiednim wyposażeniem pod dużymi obiektami mostowymi.



Rys. 1. Platforma podmostowa [8]

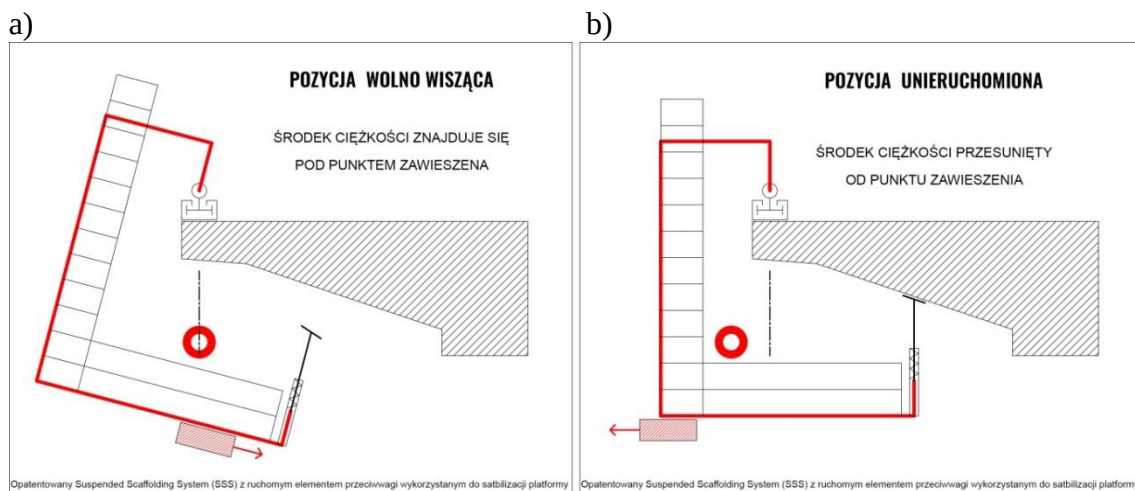
2. Platforma podmostowa systemu SSS

Platformy tego typu pozwalają na zmniejszenie kosztów utrzymania i eksploatacji w projektach długofalowych, ponieważ instalacja wymaga bardzo małej powierzchni (mostu). Dzięki temu możliwe są prace serwisowo – remontowe bez konieczności zamykania bądź utrudnień w ruchu na moście. Szerokość przestrzeni (na powierzchni mostu) wymaganej do zainstalowania platformy nie przekracza 1 m.

Największa różnica pomiędzy systemem SSS, a tradycyjnymi rusztowaniami podwieszanymi leży w masie obciążenia, ponieważ stabilność platform wzrasta wraz ze zwiększającą się masą nośną obciążenia. Czyli im cięższy ładunek na platformie tym bezpieczniej jest ona osadzona (platforma staje się stabilniejsza) - w przeciwieństwie do standardowych rozwiązań, gdzie większe obciążenie prowadzi często do utraty stabilności (przechyleń).

Zawieszony, ruchomy element przeciwwagi, służy ustabilizowaniu platformy w oparciu o strukturę mostu. W momencie przesunięcia przeciwwagi do pozycji „otwartej”, stabilizatory platformy zostają uwolnione od konstrukcji mostu, tym samym platforma przechodzi do pozycji „wolno wiszącej” pozwalając na łatwe przesunięcie platformy i tym samym dostęp do kolejnego „fragmentu” mostu [8].

Na rysunku 2 pokazano platformę podmostową w pozycji wolno wiszącej i unieruchomionej.

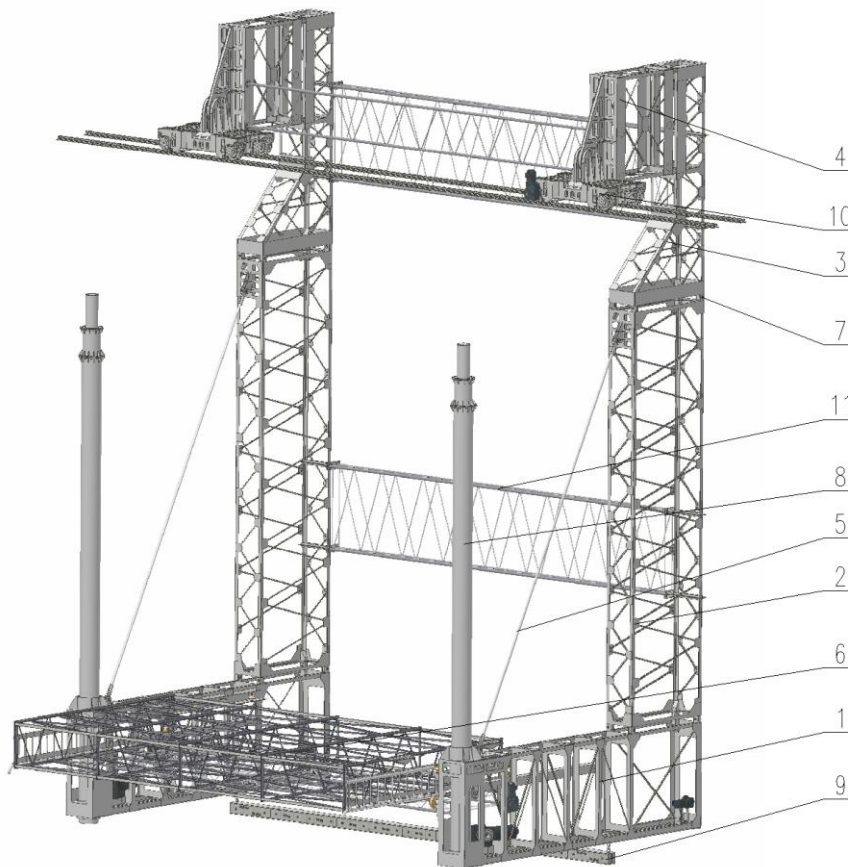


Rys. 2. Platforma podmostowa w pozycji: a) wolno wiszącej, b) unieruchomionej [8]

3. Rozwiązanie koncepcyjne

W ramach prowadzonych prac brano pod uwagę dwa koncepcyjne rozwiązania konstrukcyjne. Pierwsze z nich, będące urządzeniem zbudowanym w oparciu o przestrzenną konstrukcję skrzynkową (wykonaną z profili stalowych typu C oraz L), odrzucono ze względu na znaczną masę. W drugim (rys. 3) zastąpiono wcześniej zastosowane profile profilami typu O, zamiast drabin zastosowano systemową klatkę schodową, a zawieszenie platformy osadzono na łożyskach wahliwych. Takie podejście korzystnie wpłynęło na funkcjonalność platformy oraz pozwoliło na zmniejszenie jej masy.

W skład platformy wchodzi dwa moduły nośne składające się z podzespołów kratownicowych, tworzących boki platformy. Podzespoły te połączone ze sobą zostały za pomocą sworzni. W bokach platformy umieszczone zostały zespoły napędowe dla pomostu wysuwnego, regulacji wysokości odpór oraz zmiany położenia przeciwwagi. Ze względu na wydłużoną belkę nośną, tworzącą podporę dla pomostu wysuwnego, zastosowane zostało stężenie w postaci pręta. Oba moduły nośne połączone zostały ze sobą za pomocą lekkich konstrukcji kratowych w postaci belek rozporowych. Cały układ, poprzez połączenie sworzniowe, zawieszony został na dwóch wózkach jezdnych, które poruszają się po specjalnie ułożonych na platformie mostowej szynach.



Rys. 3. Platforma podmostowa – rozwiązanie drugie – model 3D [1]:

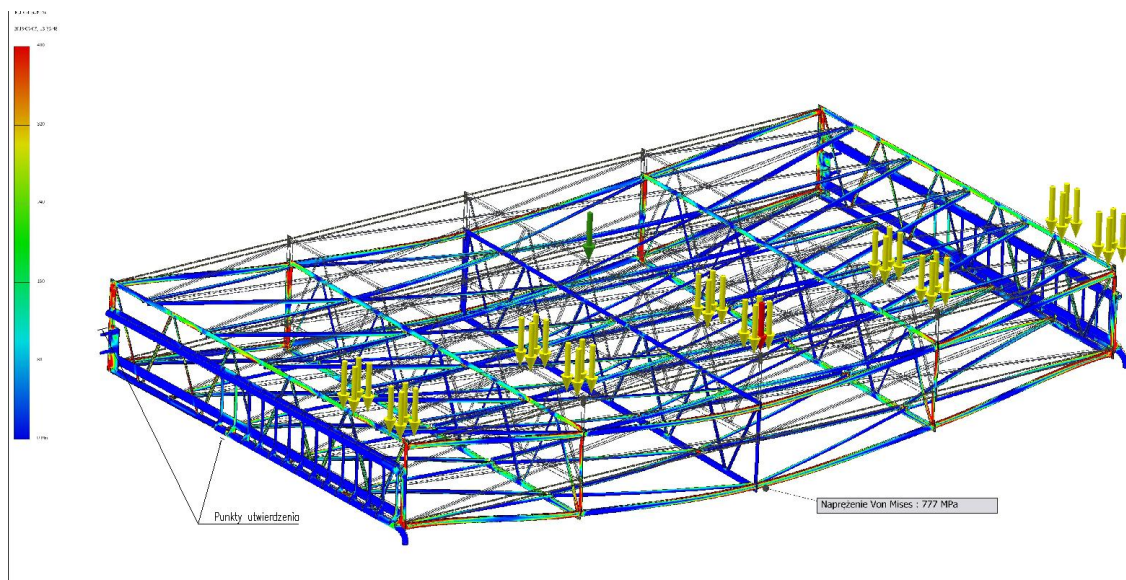
1-4 – podzespoły kratownicowe tworzące boki platformy, 5 – stężenie, 6 – pomost wysuwny, 7 – sworzeń, 8 – odpór, 9 – przeciwwaga, 10 – wózek jezdny, 11 – belka rozporowa

Poprawność założeń projektowych rozwiązania koncepcyjnego projektowanej konstrukcji potwierdzona została na podstawie wytrzymałościowej analizy numerycznej, której poddane zostały trzy kratownicowe podzespoły platformy przenoszące obciążenia:

- pomost wysuwny,
- moduł nośny,
- wózek jezdny.

3.1. Badania symulacyjne pomostu wysuwnego

Poddany analizie numerycznej pomost wysuwny obciążony został siłą (o ciągłym natężeniu), pochodzącą od zabudowanego tam rusztowania budowlanego oraz znajdującej się obsługi wraz z narzędziami i oprzyrządowaniem. Przyjęte utwierdzenie ramy odzwierciedlało położenie wysuniętego maksymalnie pomostu wraz z maksymalnym i najmniej korzystnym układem obciążenia (rys. 4).



Rys. 4. Mapa naprężeń struktury nośnej pomostu wysuwnego [1]

Nadrzędnym celem podczas projektowania przestrzennej konstrukcja kratownicowej pomostu wysuwnego było osiągnięcie minimalnej masy oraz modułowej budowy przy dużych rozmiarach gabarytowych. Zastosowane profile o małych przekrojach pozwoliły na obniżenie masy, a modułowa budowa pozwala na przetransportowanie rozmontowanego pomostu za pomocą jednego środka transportowego. Przyłożone obciążenie składało się z:

- obciążenia o ciągłym natężeniu wynoszącym 35 N/mm^2 (żółte markery siły), przyłożonego w miejscu zamontowania rusztowania budowlanego,
- siły skupionej pochodzącej od załogi i narzędzi (czerwony marker siły) o wartości $12,7 \text{ kN}$. Dla tej siły przyjęto przypadek zejścia się wszystkich pracowników wraz z oprzyrządowaniem na maksymalnie małym obszarze,
- masy pomostu wysuwnej wynoszącej $16,7 \text{ kN}$ (zielony marker siły).

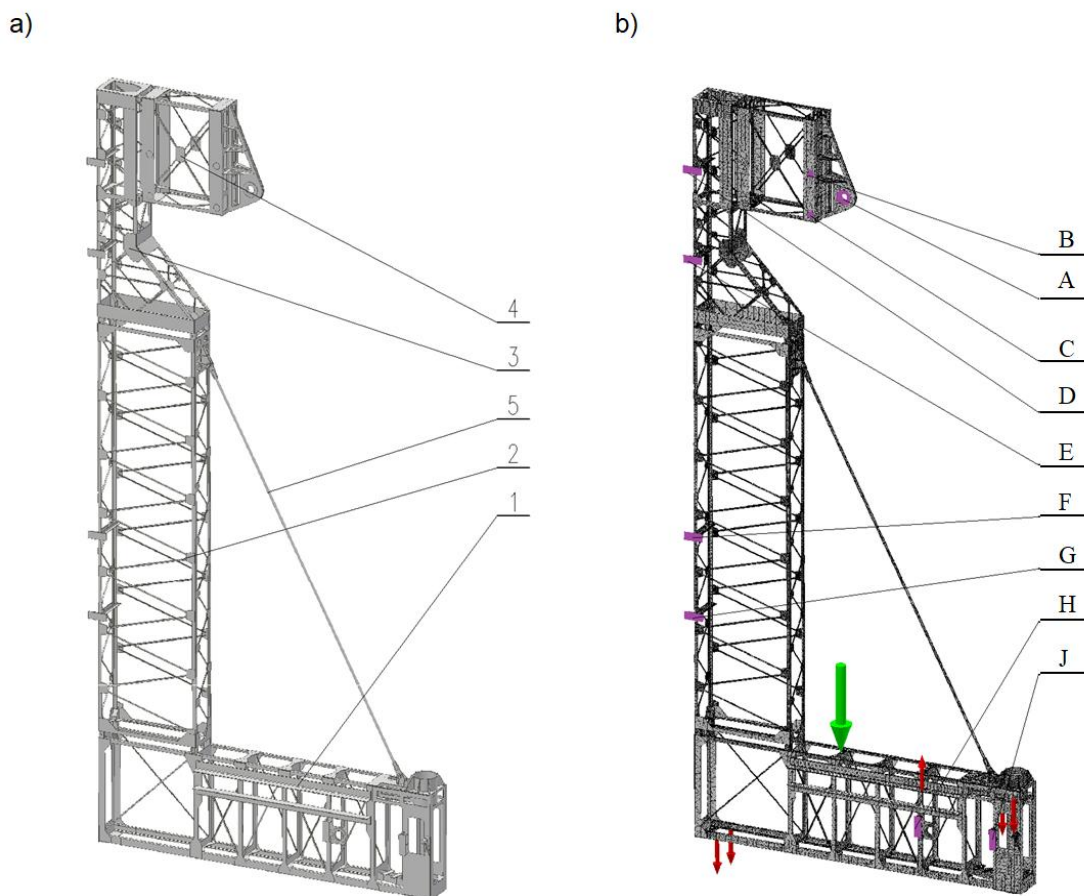
W wyniku tak przyłożonego obciążenia, w punktach utwierdzenia (które są symetryczne), powstały reakcje oddziaływujące na moduły nośne platformy. Reakcja w rolce podporowej wynosiła 100 kN , a reakcja w rolce odciskowej 65 kN . Maksymalne wartości naprężeń zredukowanych wynoszą 777 MPa , a odkształcenia ramy w maksymalnym punkcie ugięcia osiągają 648 mm .

Sytuacja ta jest wynikiem braku dodatkowych stężeń w konstrukcji. Aby zniwelować tak duże odkształcenia, należy wzmocnić połączenia podłużnic wewnętrznymi stężeniami przykręconymi w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ruchu podestu. Jednocześnie, czoło oraz tył pomostu wysuwonego należy wzmocnić dodatkowymi stężeniami. W tym przypadku, samodzielne rozpory wykonane z profili zamkniętych o przekroju prostokątnym, łączące podłużnice, należałoby zaprojektować jako kratownice płaskie. Elementy te byłyby z jednym lub dwoma stężeniami również wykonanymi z takich samych profili zamkniętych. Wprowadzenie dodatkowych elementów w konstrukcji spowoduje wzrost masy. Aby zniwelować ten przypadek należy również zmniejszyć przekroje zastosowanych profili.

Tak przeprojektowaną konstrukcję pomostu wysuwonego należałoby ponownie przeanalizować pod kątem naprężeń i przemieszczeń.

3.2. Badania symulacyjne modułu nośnego

Po określeniu reakcji w podporach pomostu wysuwonego, wykonana została analiza MES modułu nośnego platformy podmostowej (rys. 5). Moduł nośny składa się z pięciu podzespołów, które połączone są ze sobą sworzniami, tak jak to ma miejsce np. w połączeniach konstrukcji żurawi wieżowych. Podzespoły modułu nośnego tworzą kształt litery L. Aby wzmocnić cały układ zastosowano stężenie za pomocą pręta stalowego, umocowanego do belki dolnej oraz do górnego fragmentu dolnej części słupa nośnego.



Rys. 5. Moduł nośny platformy podmostowej: a) model geometryczny, b) model z siatką elementów [1]:
1 – belka dolna, 2 – słup nośny-część dolna, 3 – słup nośny-część górna, 4 – zawiesie, 5 – stężenie,
A-J – punkty utwierdzenia

Przeprowadzona analiza MES dotyczyła całego modułu nośnego, jako zasadniczego elementu przenoszącego obciążenie. W zadaniu tym określono trzy podstawowe czynniki decydujące o pracy modułu: utwierdzenie, oddziaływanie sił zewnętrznych oraz masę samego modułu nośnego. W miejscach połączenia modułu nośnego z kratownicami, które łączą oba moduły nośne ze sobą, przyjęto wiązanie beztarciowe, odbierające jeden stopień swobody. Umożliwia to pracę analizowanej struktury, jak dla przypadku układu symetrycznego. Punkty utwierdzeń zobrazowane zostały kolorem fioletowym.

W analizie rozpatrywano przypadek, gdy platforma podmostowa zawieszona jest w pozycji roboczej. Dla takiego przypadku układ sił obejmował:

- masę modułu nośnego wynoszącą 103 kN (zielony marker wektora siły),
- siłę od podparcia pomostu wysuw nego o wartości 100 kN (czerwony marker wektora siły),
- siłę od rolki odciskowej pomostu wysuw nego o wartości 65 kN (czerwony marker wektora siły),
- siłę od odpory stabilizującej pracę platformy podmostowej o wartości 50 kN (czerwony marker wektora siły),
- siłę wywieraną przez przeciwwagę o wartości 50 kN (czerwony marker wektora siły).

W wyniku tak przyłożonych obciążeń, w miejscu utwierdzenia sworzniem pojawiła się reakcja oddziaływająca na wózek jezdny platformy oraz miejsca połączeń modułu nośnego z belkami rozporowymi. Wartości reakcji w poszczególnych miejscach wiązań zestawiono w poniższej tabeli 1.

Wartości sił reakcji w punktach utwierdzenia

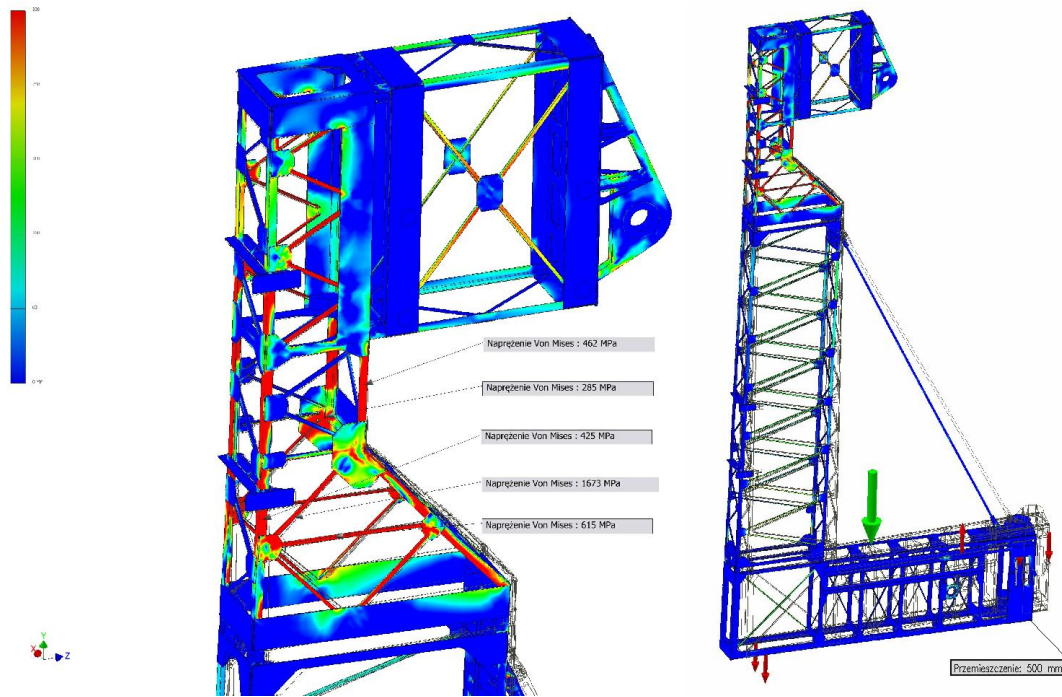
Tabela 1

Punkty utwierdzenia								
A	B	C	D	E	F	G	H	J
Wartości sił reakcji [kN]								
44,280	0,206	1,531	1,321	0,910	1,844	1,678	6,991	9,268

Przeprowadzona analiza MES (wynik symulacji pokazano na rys. 6) wykazała, że część konstrukcji wymaga korekty. Jest to górna część modułu nośnego. W elemencie tym występuje zmniejszenie jego przekroju. Taka sytuacja wymuszona została koniecznością pracy platformy między dwoma ciągami komunikacyjnymi mostu, gdzie między ich krawędziami jest około 1800 mm wolnej przestrzeni. Kinematyka ruchu platformy podczas wychylenia wymaga ponad 2800 mm przestrzeni. Ograniczenie przestrzeni do 1800 mm oraz konieczność wychylania platformy od pionu, wymusiło przyjęcie miejscowo zmniejszonego przekroju modułu nośnego do wymiarów, które umożliwiają pracę platformy w wąskim obszarze.

Z przeprowadzonych badań numerycznych wynika, że w zmniejszonym przekroju modułu nośnego, naprężenia zredukowane przekraczają wartości dopuszczalne dla zastosowanych typowych materiałów konstrukcyjnych. Wymuszona zmiana przekroju niekorzystnie wpływa również na przemieszczenia poszczególnych punktów układu. Tym samym, w obecnym kształcie, przestrzeń zmiany przekroju w konstrukcji modułu nośnego wymaga korekty.

Zmiana przekroju, w postaci jego powiększenia, uniemożliwi pełne wykorzystanie platformy podmostowej, czyli możliwości wychylania się. Optymalnym rozwiązaniem może być nieznaczne zwiększenie przekrojów zastosowanych kształtowników albo zmiana ich typów wraz z zastosowaniem materiałów gatunkowo lepszych.



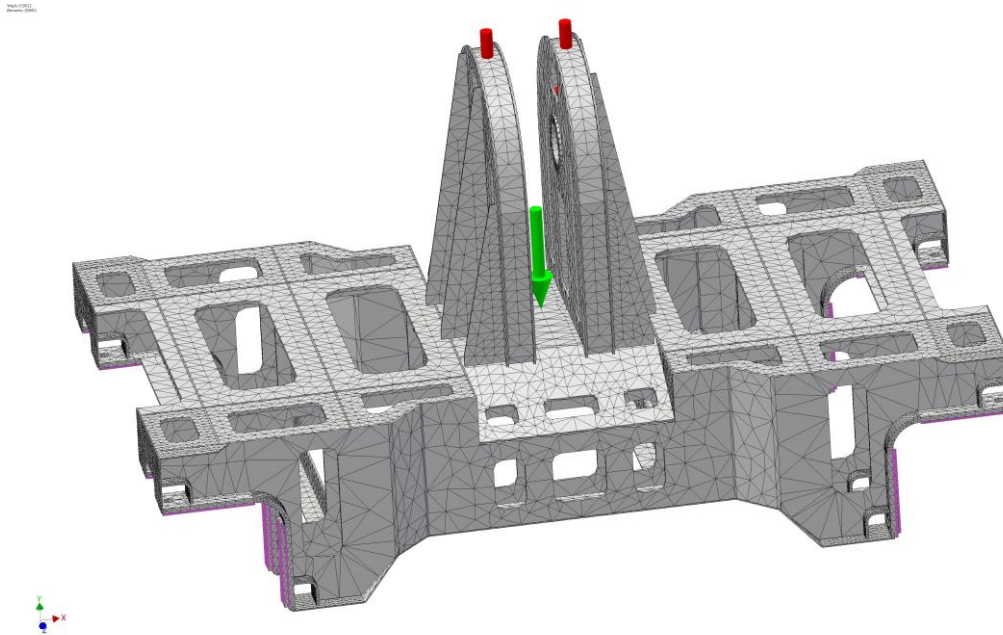
Rys. 6. Rozkład naprężeń zredukowanych modułu nośnego platformy podmostowej w obszarze wymuszonej zmiany przekroju konstrukcji [1]

3.3. Badania symulacyjne wózka jezdnego

Wózki jezdne platformy podmostowej są elementami, które wiążą platformę ze stałym podłożem. Przenoszą obciążenie wynikające z pracy platformy, jak i ze swobodnego zwisu podczas jej przemieszczania.

Rama wózka (rys. 7) jest konstrukcją skrzynkową, spawaną z blach. W jej skład wchodzi blachy o grubości 6 mm tworzące podłużnice, do których przyspawane zostały prostopadłe łączniki wykonane z blach o grubości 4 mm. Poszycie górne wykonane zostało z blach o grubości 8 mm i 6 mm. Cała rama ma odpowiednio wycięte otwory, celem zmniejszenia masy zespołu. W ramie przygotowano gniazda służące do mocowania zestawów kołowych. W górnej części ramy wózka znajdują się ucha służące do zawieszenia, poprzez sworznie, platformy podmostowej. Rama wózka jest symetryczna, co ułatwia jej montaż oraz pozwala na równomierne rozłożenie naprężeń.

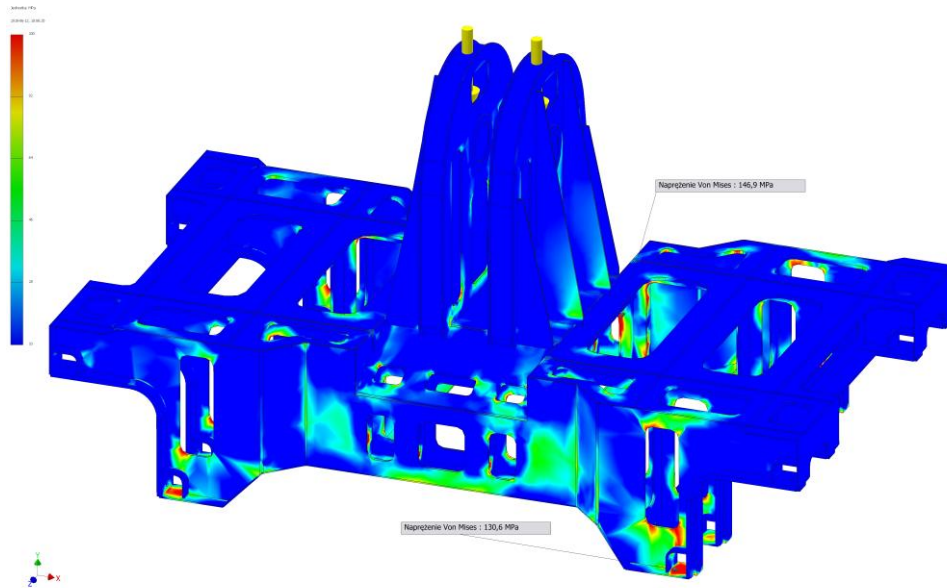
Celem poprawnego przeprowadzenia analizy MES, przyjęto miejsca utwierdzeń ramy wózka w miejscach mocowania zestawów kołowych. Jedna strona wózka utwierdzona została wiązaniem sztywnym. Po drugiej stronie założone zostały wiązania beztarciowe. Wiazania przedstawione zostały markerami w kolorze fioletowym.



Rys. 7. Model ramy wózka z siatką elementów, z warunkami brzegowymi w postaci czynnych obciążeń zewnętrznych oraz podporami [1]

Rama wózka obciążona została dwoma rodzajami sił. Siłą pochodzącą od masy własnej ramy wynoszącej 5,8 kN (marker wektora siły w kolorze zielonym) oraz siłą wywieraną przez zawieszoną platformę. Siła ta przyłożona została do otworów, w których umieszczony jest sworzeń mocujący platformę do wózka. Obciążenie przypadające na jeden wózek wynosi 250 kN i zostało równomiernie rozłożone na każde z uch (markery wektorów sił w kolorze czerwonym na rys. 7).

Przeprowadzona symulacja określiła wartości reakcji jakie wystąpiły w miejscach utwierdzeń. Z jednej strony wartości reakcji wynoszą po 76,25 kN na jedno podparcie zestawu kołowego, odpowiednio z drugiej strony po 60,3 kN. Przeprowadzona pod kątem naprężeń i przemieszczeń analiza MES wykazała poprawność konstrukcji ramy oraz dobranych grubości blach. Maksymalne naprężenia zredukowane (rys. 8) występujące w ramie osiągają wartość 147 MPa i występują w miejscach promieni w narożach otworów. Maksymalne przemieszczenie występuje w miejscu przyłożenia siły i osiąga wartość 1,011 mm. Tak więc, zastosowane w konstrukcji stale powinny przenieść założone obciążenie. Wskazany jest jednak przeprowadzenie kontrolnego badania MES ramy wózka, po zaprojektowaniu całego modułu nośnego i pomostu wysuwnego.



Rys. 8. Mapa naprężeń zredukowanych ramy wózka jezdnego [1]

4. Podsumowanie

Na rynku urządzeń ułatwiających prace montażowo-serwisowe wykonywane w obszarze płyt nośnych mostów i wiaduktów, istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych. Niestety, są to urządzenia stacjonarne, które niejednokrotnie wymagają demontażu i ponownego montażu w kolejnych obszarach budowanego (remontowanego \ serwisowanego) obiektu. Co prawda, istnieją również urządzenia przewoźne, jednak te z reguły wymagają właściwego podłoża, niebędącego ciągiem komunikacyjnym.

Rozwiązaniem mogą być urządzenia posiadające ruchomy element przeciwwagi, wykorzystany jako element zawieszonego rusztowania / platformy. Takie rozwiązanie zapewnia bezpieczniejszy dostęp do trudno przystępnych miejsc. W chwili obecnej, urządzenia tego typu, przystosowane do niewielkich obciążeń, proponuje firma Ideas - Creative Solutions Ltd, z którą ITG KOMAG podpisał umowę o współpracy. W jej ramach (oraz w wyniku prowadzonych konsultacji), opracowano rozwiązanie koncepcyjne platformy, umożliwiającej równoczesną pracę ośmiu osób wyposażonych w niezbędne narzędzia. Niewątpliwą zaletą rozwiązania jest możliwość dodatkowego obciążenia platformy masą wynoszącą 500 kg (narzędzia, elementy złączne, elementy podlegające montażowi i demontażowi).

Opracowane rozwiązanie koncepcyjne poddano symulacyjnym badaniom MES, ułatwiającym ocenę poprawności budowy urządzenia. I tak, aby zachować pełną funkcjonalność platformy, należy rozważyć przeprowadzenie korekty w obszarze zmiany przekroju w konstrukcji modułu nośnego oraz pomostu wysuwnego. Sposób korekty może obejmować jeden albo nawet kilka możliwości, w których można zmieniać parametry konstrukcyjne urządzenia, co umożliwi jego poprawną pracę. Zmiany obejmować mogą korektę przekrojów kształtowników tworzących kratownicę, zmianę gatunku materiału oraz, ewentualnie, zmianę ustroju kratownicy.

Wózek jezdny platformy podmostowej nie wykazuje nadmiernych naprężeń i odkształceń. Zastosowane blachy i sposób budowy przestrzennej umożliwia konstrukcji wózka przenoszenie istniejących obciążeń od platformy. Liczba otworów, których zadaniem jest zmniejszenie masy, a także wysoki stopień skomplikowania konstrukcji, spowoduje wzrost kosztów wykonania.

Artykuł przedstawia rozwiązanie koncepcyjne najbardziej wrażliwych węzłów urządzenia. W związku z tym, iż badanie symulacyjne MES wykazało nadmierne przekroczenie naprężeń dopuszczalnych niektórych zespołów konstrukcji, koniecznym jest weryfikacja zastosowanych materiałów oraz rozwiązań konstrukcyjnych węzłów w aspekcie uzyskania właściwych parametrów konstrukcji.

Literatura

- [1] Nieśpiałowski K. i inni: Koncepcja platformy podmostowej z zębatkowym napędem szuflady. ITG KOMAG, Gliwice 2018 (materiały niepublikowane).
- [2] Nieśpiałowski K. i inni: Opracowanie koncepcji platformy podmostowej. ITG KOMAG, Gliwice 2017 (materiały niepublikowane).
- [3] <http://inwestycje-rzeszow.pl/viewtopic.php?f=21&t=3&start=280> (20-12-2018)
- [4] <http://www.lero.com.pl/platforma-podwieszana-z-zaczepami-posrednimi-przejsciowymi.html> (20-12-2017)
- [5] <https://www.peri.com.pl/projekty/building-refurbishment/most-slasko-dabrowski.html> (21-12-2018)
- [6] <http://www.plettac.com.pl/> (04-01-2019)
- [7] <http://www.podnosnikizmijewski.pl/torun/> (20-12-2018)
- [8] <http://www.sss-scaffolding.com> (03-01-2019)
- [9] <http://www.xervon.com.pl/oferta.html> (04-01-2019)

mgr inż. Sebastian Janas
sjanas@komag.eu

dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski
kniespialowski@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Analiza możliwości zastosowania magnesów neodymowych w hamulcach urządzeń małej mechanizacji

Piotr Dobrzaniecki

Analysis of the possibility of using neodymium magnets in brakes of small mechanization devices

Streszczenie:

W artykule przedstawiono rezultaty prac badawczo-rozwojowych, związanych z projektem hamulca magnetycznego, przeznaczonego do zastosowania w urządzeniach małej mechanizacji. Zaprezentowano wyniki wstępnych prac badawczych, prac modelowych, efekty wykorzystania technologii druku 3D oraz wyniki badań prototypu układu magnetycznego.

Słowa kluczowe: hamulec magnetyczny, magnesy neodymowe, mała mechanizacja, wciągnik łańcuchowy, druk 3D

Keywords: magnetic brake, neodymium magnets, small mechanization, chain hoist, 3D printing

Abstract:

The results of research and development works related to the design of a magnetic brake designed for use in small mechanization devices are presented in the article. The results of preliminary research work, model work, effects of the use of 3D printing technology and the results of a magnetic system prototype tests are presented.

1. Wstęp

Doświadczenia zdobyte przy realizacji prac związanych z projektem sprzęgieł magnetycznych, opisane w artykule [3], pozwoliły na podjęcie dalszych prac, związanych z opracowaniem zespołu hamulca przeznaczonego do stosowania w konstrukcjach urządzeń małej mechanizacji, np. we wciągnikach łańcuchowych, w których realizuje proces hamowania oraz unieruchamiania układu przeniesienia napędu. Hamulec wciągnika musi być w stanie utrzymać podnoszony ładunek na żądanej wysokości, jak również zatrzymać go w trakcie opuszczania, a więc jego konstrukcja musi uwzględniać siły dynamiczne.

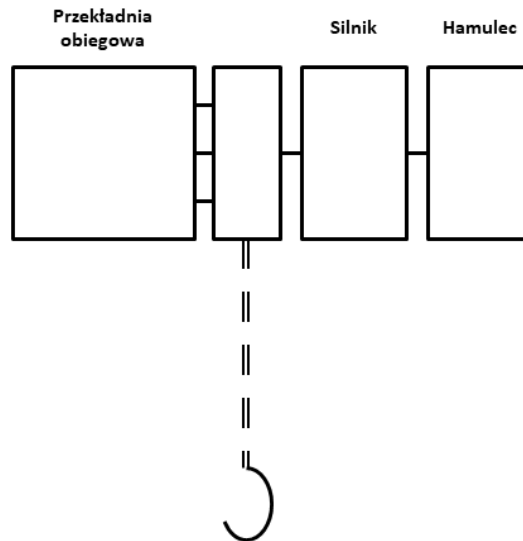
Hamulec wykorzystywany we wciągnikach łańcuchowych jest hamulcem ciernym, którego tarcze cierne dociskane są sprężynami, natomiast luzowanie realizowane jest hydraulicznie lub elektromagnetycznie.

W niniejszym artykule opisano badania oraz koncepcję rozwiązania mogącego generować moment hamujący z wyeliminowaniem elementów ciernych. Hamulec taki bazowałby na magnesach neodymowych. W pracach wykorzystano przedstawione w [3] wyniki dotychczasowych prac projektowych i badawczych, dotyczących zastosowania magnesów neodymowych w konstrukcji sprzęgieł.

Zakres prac, opisanych w niniejszym artykule, dotyczy opracowania doświadczalnego układu magnetycznego, zapewniającego przeniesienie zakładanego momentu hamującego. W artykule pominięto układ rozłączania hamulca z uwagi na to, że będzie on przedmiotem innego opracowania.

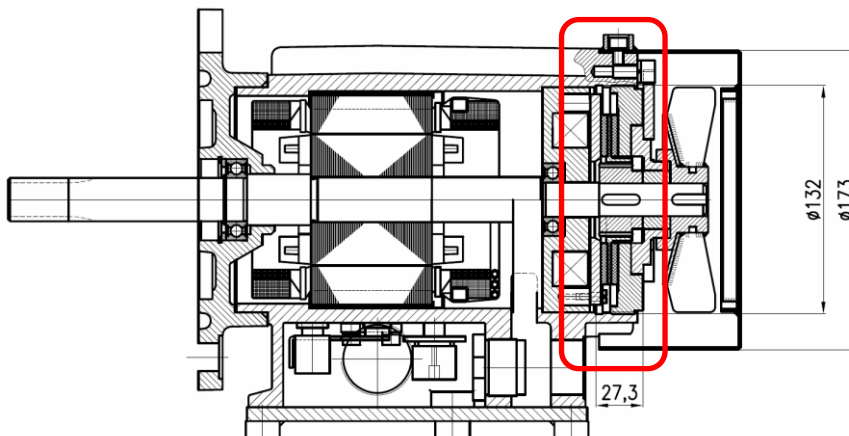
2. Zastąpienie hamulca ciernego hamulcem magnetycznym

Niezależnie od rodzaju napędu, wciągnik można przedstawić w postaci schematu blokowego przedstawionego na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat blokowy wciągnika łańcuchowego [opracowanie własne]

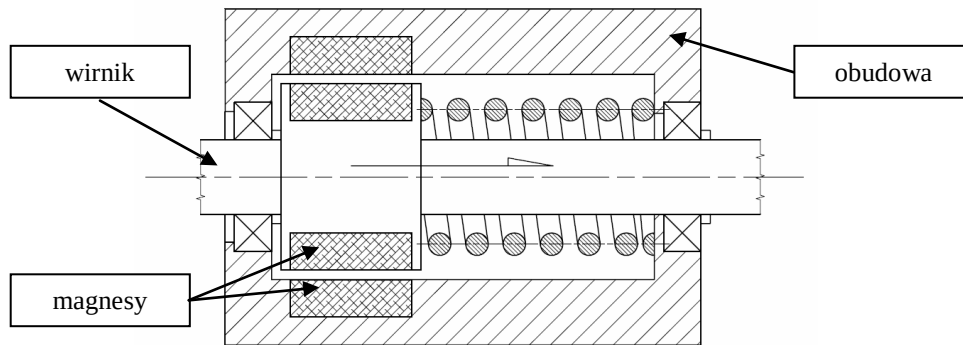
W przypadku wciągników z napędem elektrycznym, hamulec cierny zabudowany jest na wale wirnika silnika. Jest to hamulec z dwoma parami ciernymi, luzowany elektromagnetycznie. Silnik z hamulcem zastosowany w wciągnikach EWŁ 3/6 pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Silnik wciągnika EWŁ 3/6 [1]

Projekt hamulca magnetycznego przewidywał zastąpienie hamulca wielopłytkowego (zaznaczonego na rysunku 2) rozwiązaniem opartym o magnesy trwałe [4], [5], [6], [7]. Na podstawie analizy dotychczasowych konstrukcji wciągników dla górnictwa założono że moment hamujący powinien wynosić ok. 20 Nm. Ponadto założono, że wymiary gabarytowe hamulca będą porównywalne z wymiarami silnika przedstawionego na rysunku 2.

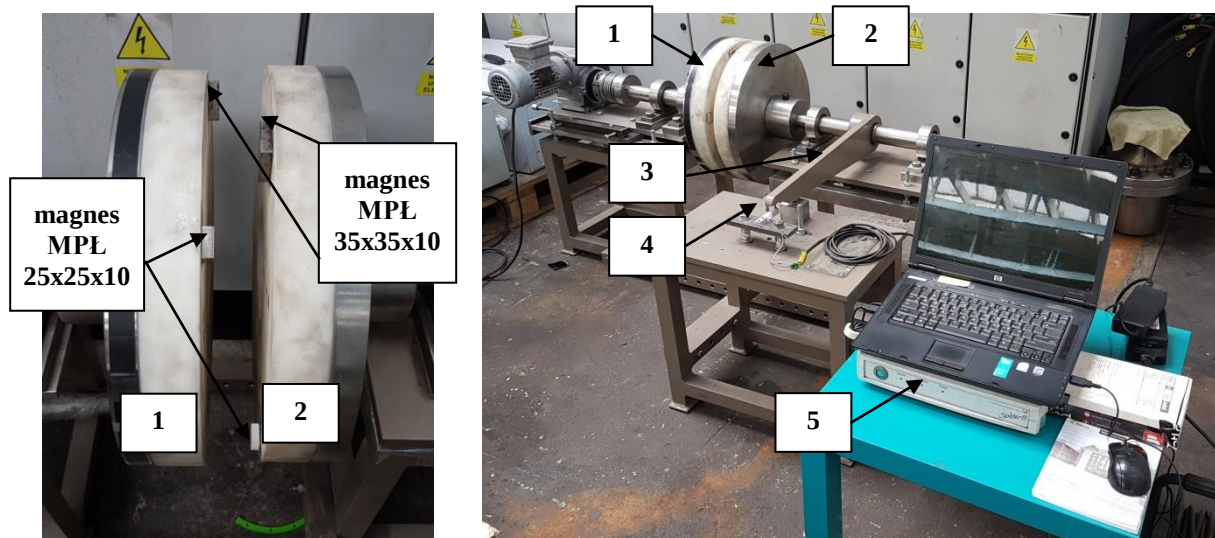
W projekcie przyjęto konfigurację współosiowego rozmieszczenia magnesów w wirniku i obudowie. Schematycznie przedstawiono to na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat układu hamulca magnetycznego [1]

3. Badania doświadczalne par magnetycznych

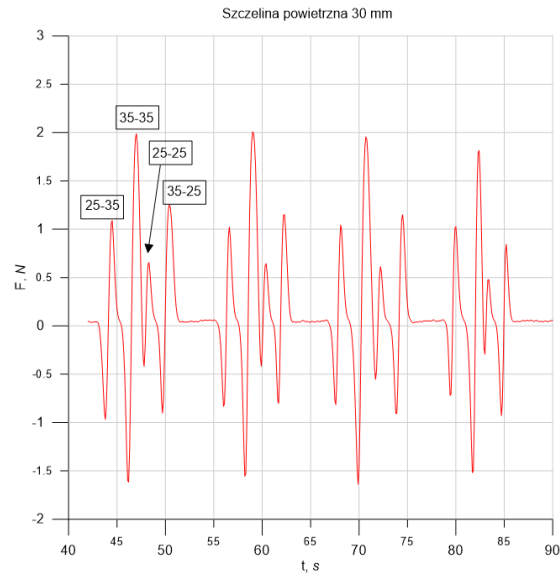
Zasadniczym problemem w zagadnieniu wykorzystania magnesów neodymowych w konstrukcji części maszyn, jest brak szczegółowych informacji o wartościach sił generowanych pomiędzy dwoma magnesami w kierunku poprzecznym do kierunku magnesowania. Aby określić siły poprzeczne pomiędzy dwoma magnesami, generujące moment hamujący, przeprowadzono badania doświadczalne przy wykorzystaniu wytypowanych wcześniej magnesów. Do doświadczeń wybrano magnesy neodymowe typu MPŁ 25x25x10. Wybór tego typu magnesów był podyktowany względami geometrycznymi, związanymi z postacią konstrukcyjną opracowywanych elementów hamulca. Były to największe magnesy, które pozwalały na ułożenie ich w założony sposób. Maksymalna, deklarowana przez dostawcę, siła udźwigu, określona z użyciem płyty stalowej wynosi 190 N. Wartość oddziaływań poprzecznych w parach określono na stanowisku badawczym, przedstawionym na rysunku 4.



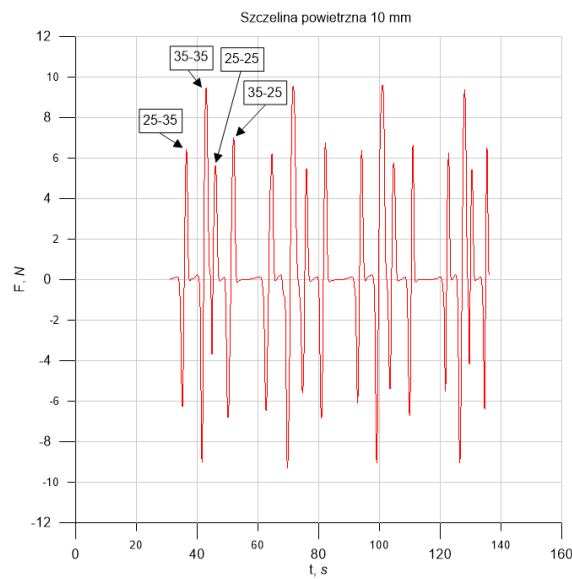
Rys. 4. Stanowisko do badań poprzecznych sił w parach magnetycznych [2]

Na ułożyskowane tarcze stanowiska (1 i 2) naklejone zostały badane magnesy. Obrót lewej tarczy (1) powodował jej magnetyczne sprzężenie z prawą tarczą (2), która była połączona z dźwignią (3), oddziałującą na przetwornik siły (4), podłączony do rejestratora danych (5). Badanie polegało na ręcznym obracaniu tarczy 1 względem tarczy 2, co powodowało nacisk lub unoszenie dźwigni względem przetwornika siły.

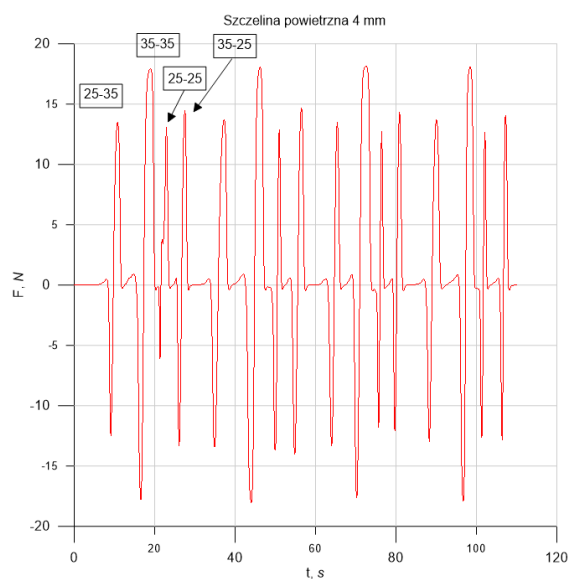
W trakcie badań sprawdzano również, jak zmienia się siła poprzeczna w zależności od szerokości szczeliny powietrznej pomiędzy magnesami. Z uwagi na to, że podczas badań testowano różne typy magnesów, na przedstawionych wykresach oznaczono, które wartości dotyczą których par magnetycznych. Wybrane wyniki badań doświadczalnych przedstawiono na rysunkach: 5, 6, 7 i 8.



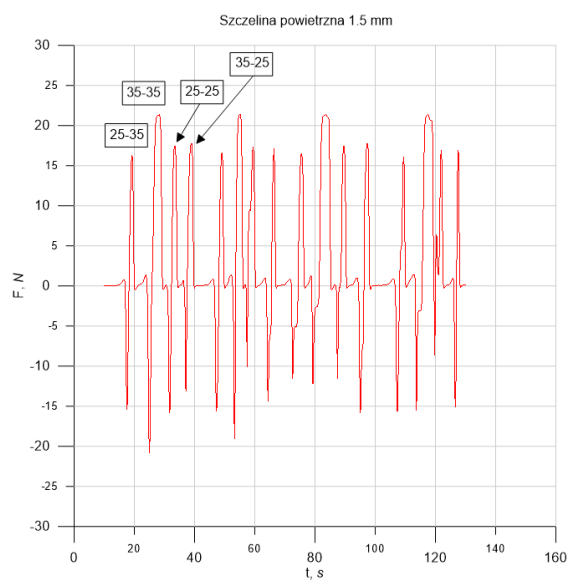
Rys. 5. Wartości sił poprzecznych w parach magnetycznych. Szczelina powietrzna 30 mm [2]



Rys. 6. Wartości sił poprzecznych w parach magnetycznych. Szczelina powietrzna 10 mm [2]

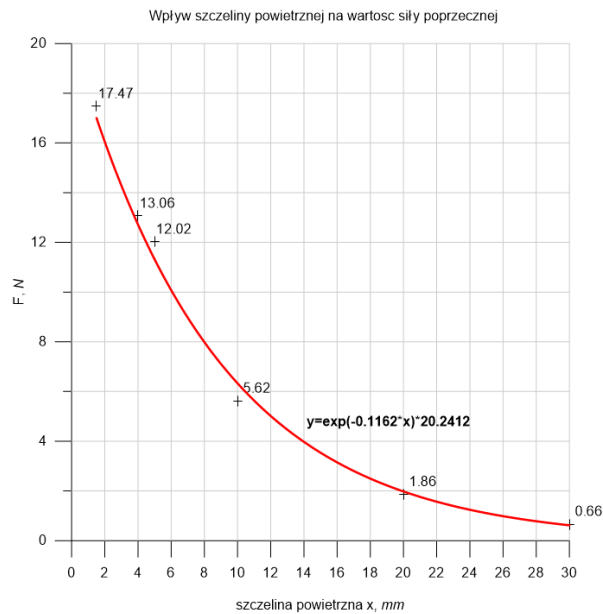


Rys. 7. Wartości sił poprzecznych w parach magnetycznych. Szczelina powietrzna 4 mm [2]



Rys. 8. Wartości sił poprzecznych w parach magnetycznych. Szczelina powietrzna 1,5 mm [2]

Na podstawie wyników badań sporządzono charakterystykę, przybliżającą zależność pomiędzy siłą poprzeczną, działającą pomiędzy dwoma magnesami, a szerokością szczeliny powietrznej pomiędzy nimi (rys. 9).

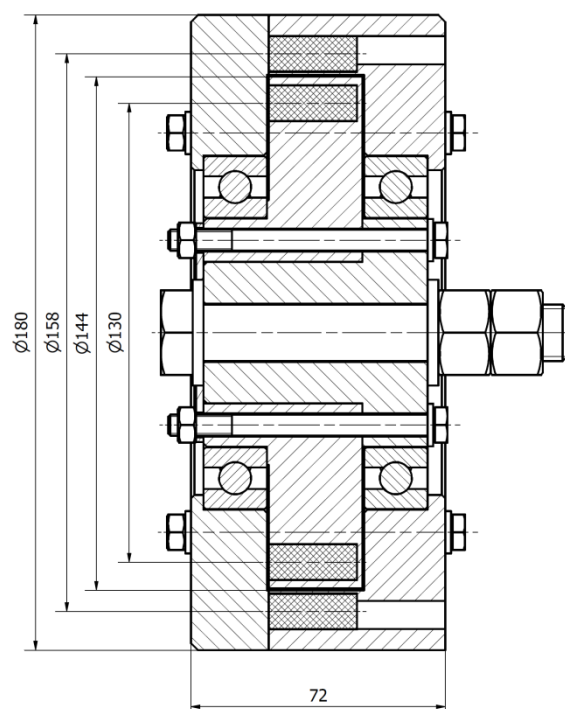


Rys. 9. Wartości sił poprzecznych w parze magnetycznej 25x25x10 w funkcji szerokości szczeliny powietrznej [opracowanie własne]

Chcąc wykorzystać maksimum potencjału magnetycznego należy dążyć do minimalizacji szczeliny pomiędzy magnesami.

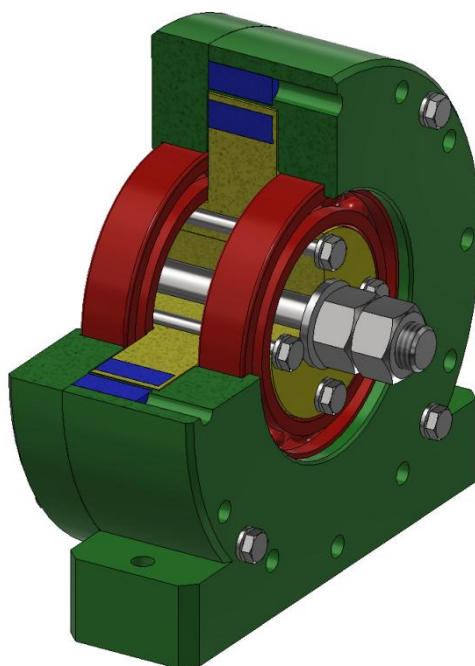
4. Projekt postaci konstrukcyjnej hamulca

W ramach prac rozwojowych, opracowano w ITG KOMAG hamulec w wariantcie współosiowym – ułożyskowany wirnik zamknięty w obudowie. Do konstrukcji hamulca wytypowano magnesy typu MPŁ 25x25x10 [4], [5]. Było to podyktowane potrzebą minimalizacji szczeliny pomiędzy wirnikiem, a obudową. Ponadto należało zachować założoną grubość ścianki w konstrukcji wirnika i obudowy. Magnesy 25x25x10 pozwoliły osiągnąć najlepsze rezultaty z uwagi na powyższe wymagania oraz liczbę elementów możliwych do rozlokowania na obwodzie. Magnesy rozmieszczono na obwodzie obudowy oraz wirnika. Na rysunku 10 przedstawiono szkic hamulca magnetycznego oraz jego podstawowe wymiary.



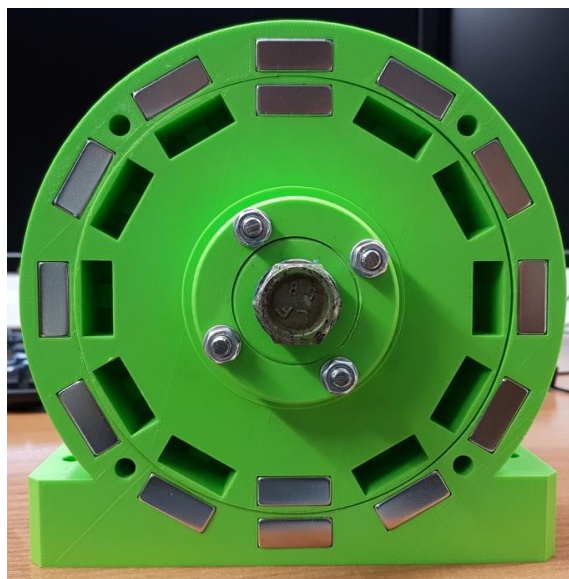
Rys. 10. Szkic hamulca magnetycznego [opracowanie własne]

Na bazie szkicu opracowano model 3D hamulca, wykorzystany później w procesie druku 3D. Widok modelu hamulca przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Model 3D hamulca magnetycznego [opracowanie własne]

Modele poszczególnych elementów hamulca wykonano w technologii druku 3D. Po wydrukowaniu elementów zmontowano hamulec, uzupełniając go o elementy takie jak łożyska oraz śruby, podkładki i nakrętki. Częściowo zmontowany hamulec przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Częściowo zmontowany hamulec magnetyczny [opracowanie własne]

Po montażu przystąpiono do badań, mających na celu określenie parametrów użytkowych hamulca, tj. dostępnego, magnetycznego momentu oporu.

5. Badania doświadczalne hamulca magnetycznego

Hamulec, po zmontowaniu poddany został próbom, w celu określenia wartości rozwijanego przez niego momentu oporu.

Przystępując do badań hamulca przyjęto sposób realizacji doświadczeń, w którym gniazda obudowy hamulca wypełniono magnesami, natomiast wirnik obsadzano w następującej kolejności:

- 2 magnesy w gniazdach wirnika co 180° ,
- 4 magnesy w gniazdach wirnika co 90° ,
- 6 magnesów w gniazdach wirnika co 60°
- 8 magnesów w gniazdach wirnika,
- 10 magnesów w gniazdach wirnika,
- 12 magnesów w gniazdach wirnika (pełne obsadzenie).

Hamulec przygotowany do prób przedstawiono na rysunku 13.



Rys. 13. Próby doświadczalne hamulca [2]

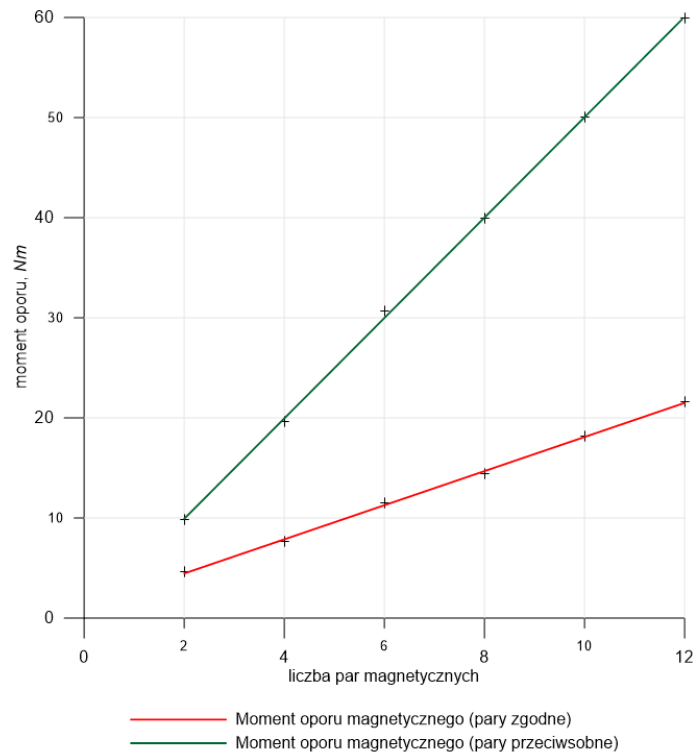
Hamulec badano za pomocą elektronicznego klucza dynamometrycznego. W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów w poszczególnych próbach.

Wyniki badań doświadczalnych oraz wyniki obliczeniowe [opracowanie własne]

Tabela 1

Konfiguracja 1 <i>(pełne obsadzenie gniazd korpusu, 2 magnesy w gniazdach wirnika co 180°)</i>	
Moment oporu [Nm]	
zmierzony (magnesy w zgodnych parach)	4,63
zmierzony (magnesy w przeciwsobnych parach)	9,80
Konfiguracja 2 <i>(pełne obsadzenie gniazd korpusu, 4 magnesy w gniazdach wirnika co 90°)</i>	
Moment oporu [Nm]	
zmierzony (magnesy w zgodnych parach)	7,63
zmierzony (magnesy w przeciwsobnych parach)	19,64
Konfiguracja 3 <i>(pełne obsadzenie gniazd korpusu, 6 magnesów w gniazdach wirnika co 60°)</i>	
Moment oporu [Nm]	
zmierzony (magnesy w zgodnych parach)	11,51
zmierzony (magnesy w przeciwsobnych parach)	30,70
Konfiguracja 4 <i>(pełne obsadzenie gniazd korpusu, 8 magnesów w gniazdach wirnika)</i>	
Moment oporu [Nm]	
zmierzony (magnesy w zgodnych parach)	14,42
zmierzony (magnesy w przeciwsobnych parach)	39,90
Konfiguracja 5 <i>(pełne obsadzenie gniazd korpusu, 10 magnesów w gniazdach wirnika)</i>	
Moment oporu [Nm]	
zmierzony (magnesy w zgodnych parach)	18,14
zmierzony (magnesy w przeciwsobnych parach)	50,10
Konfiguracja 6 <i>(pełne obsadzenie gniazd korpusu, pełne obsadzenie gniazd wirnika)</i>	
Moment oporu [Nm]	
zmierzony (magnesy w zgodnych parach)	21,60
zmierzony (magnesy w przeciwsobnych parach)	59,90

Dane z tabeli 1 przedstawiono graficznie na wykresie – rysunek 14.

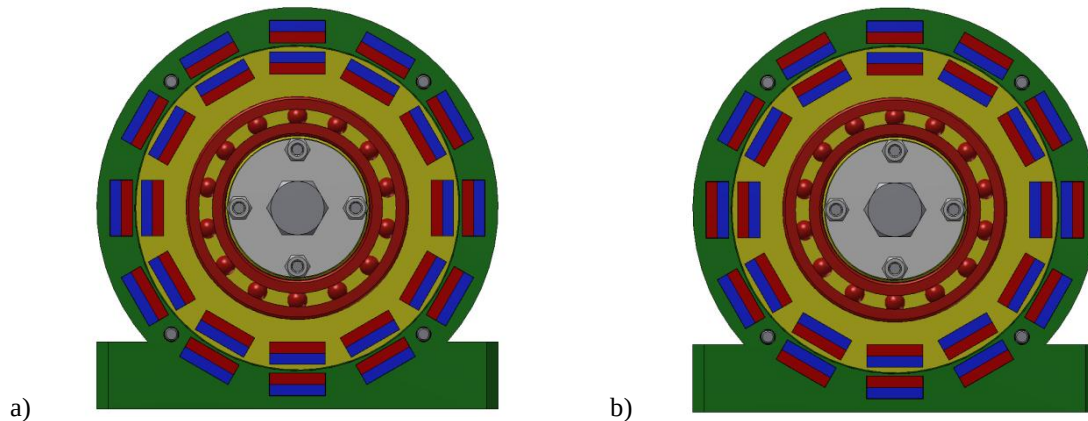


Rys. 14. Wyniki prób doświadczalnych [opracowanie własne]

W trakcie badań stosowano dwa sposoby rozmieszczenia magnesów w wirniku oraz obudowie:

- pary zgodne,
- pary przeciwsobne.

W sposób graficzny przedstawiono to na rysunku 15.



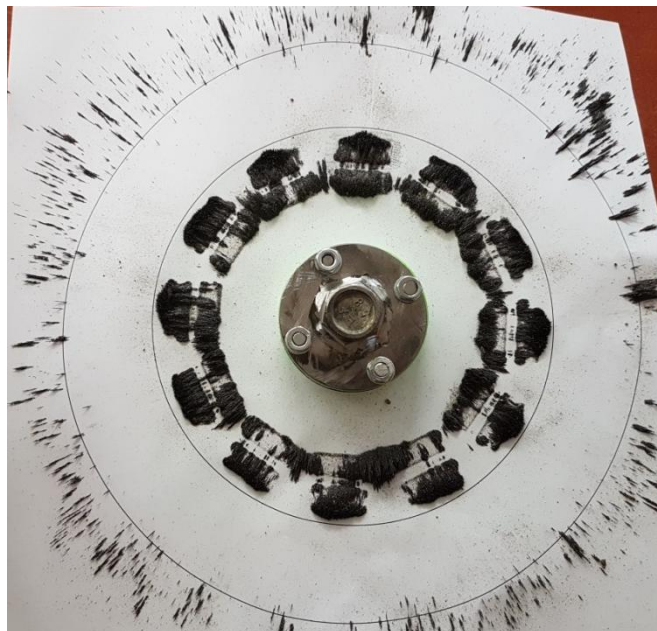
Rys. 15. Organizacja par magnetycznych w hamulcu [2]

- a) pary zgodne,
- b) pary przeciwsobne.

Badania momentu hamowania przy dwóch konfiguracjach ułożenia magnesów (zgodne i przeciwsobne) wykazały znacznie większą wartość momentu hamującego przy układzie przeciwsobnym. W chwili obecnej nie są jasne zjawiska, powodujące zaobserwowany wzrost momentu oporu w hamulcu, przy zastosowaniu przeciwsobnych par magnetycznych.

W przypadku par zgodnych zaobserwowano wyraźne oddziaływanie magnetyczne wokół hamulca oraz silne magnesowanie elementów stalowych konstrukcji hamulca. W przypadku

par przeciwsobnych nie obserwowano przyciągania materiałów ferromagnetycznych wokół obudowy hamulca. Nie dochodziło również do namagnesowania metalowych elementów konstrukcji hamulca. W celu wizualizacji linii sił pola oraz obszarów koncentracji pól magnetycznych posłużono się opiłkami stalowymi. Linie sił przy parach zgodnych przedstawiono na rysunku 16, natomiast pary przeciwsobne przedstawiono na rysunku 17.

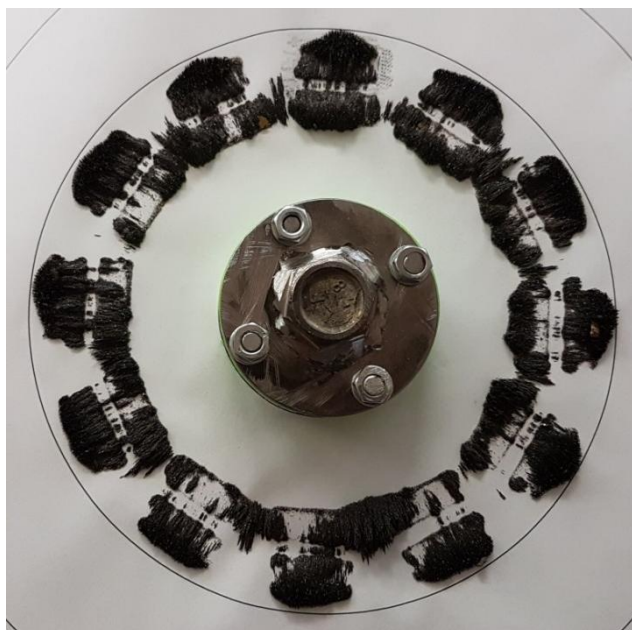


Rys. 16. Linie sił pola magnetycznego w hamulcu – pary zgodne [2]

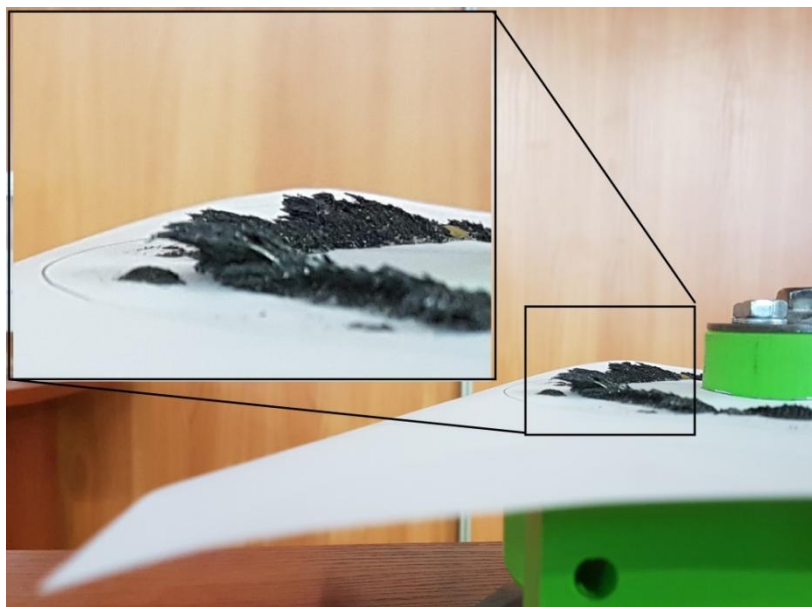


Rys. 17. Linie sił pola magnetycznego w hamulcu – pary przeciwsobne [2]

Po uporządkowaniu opiłków stalowych z obrzeży (przy parach zgodnych) otrzymano następujący obraz koncentracji linii sił pola magnetycznego – rysunki 18 i 19.



Rys. 18. Koncentracja linii sił pola magnetycznego – pary zgodne po „uporządkowaniu” opiłków [2]



Rys. 19. Koncentracja linii sił pola magnetycznego – pary zgodne; widok z boku [2]

6. Spostrzeżenia i wnioski

Doświadczenia związane z pomiarem wartości momentu oporu generowanego przez hamulec przy różnych konfiguracjach par magnetycznych oraz próby z wizualizacją linii sił i zagęszczeń pól magnetycznych pozwoliły sformułować następujące spostrzeżenia:

1. Pełne obsadzenie hamulca magnesami, ułożonymi w zgodne pary magnetyczne pozwoliło osiągnąć moment oporu równy 21,60 Nm.
2. Pełne obsadzenie hamulca magnesami, ułożonymi w przeciwsobne pary magnetyczne pozwoliło osiągnąć moment oporu równy 59,90 Nm.
3. Przy konfiguracji złożonej ze zgodnych par magnetycznych generowane pola magnetyczne mają charakter „otwarty”, tzn. linie sił pól magnetycznych obejmują

większą przestrzeń dookoła magnesów, w efekcie czego dochodzi m.in. do silnego namagnesowania części metalowych w osi wałka, jak również do silniejszej emisji pola magnetycznego na zewnątrz obudowy hamulca.

4. Przy stosowaniu zgodnych par magnetycznych pole magnetyczne ma tendencje do „wychodzenia” na zewnątrz w kierunku równoległym do osi obrotu hamulca (rys. 19). W efekcie tego dochodzi do koncentracji pola magnetycznego w płaszczyźnie bocznej magnesów (rys. 16 i rys. 18). Przerwy pomiędzy parami magnetycznymi pozostają pod niewielkim wpływem pól magnetycznych (puste obszary na rys. 16 i rys. 18).
5. Zastosowanie par przeciwsobnych skutkowało osiągnięciem pola magnetycznego o innym charakterze. Było ono zamknięte w obszarze bezpośrednio przy magnesach (rys. 17) i nie miało tendencji do wychodzenia na zewnątrz układu. Nie dochodziło również do namagnesowania części metalowych w osi wałka, ani uwidocznienia linii sił pola na zewnątrz obudowy hamulca.

Na podstawie powyższych spostrzeżeń sformułowano następujące wnioski:

1. Hamulec wyposażony w przeciwsobne pary magnetyczne generuje blisko 3 krotnie większy moment oporu niż w przypadku hamulca z parami zgodnymi.
2. Pary przeciwsobne pozwalają osiągnąć pole magnetyczne o większym skupieniu, zamknięte w obszarze par magnetycznych i nie powodujące namagnesowania np. osi wału oraz ograniczają straty energii magnetycznej, co przekłada się na uzysk w postaci większego momentu oporu.
3. Hamulec wyposażony w zgodne pary magnetyczne, w momencie przeciążenia, przechodzi do położenia wyznaczonego przez kolejną, najbliższą parę magnetyczną. Skok hamulca w przeciążeniu wynosi wtedy α_1 i jest równy:

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ}{n}$$

gdzie n jest liczbą magnesów rozłożonych na obwodzie wirnika lub stojana (obudowy). W efekcie otrzymujemy kąt przejścia $\alpha_1=30^\circ$.

4. Hamulec wyposażony w pary magnetyczne przeciwsobne, w momencie przeciążenia, przechodzi do położenia wyznaczonego przez co drugą parę magnetyczną. Skok hamulca w przeciążeniu wynosi wtedy α_2 i jest równy:

$$\alpha_2 = \frac{360^\circ}{\frac{n}{2}}$$

gdzie n jest liczbą magnesów rozłożonych na obwodzie wirnika lub stojana (obudowy). W efekcie otrzymujemy kąt przejścia $\alpha_2=60^\circ$.

5. Przeciążenie hamulca powoduje gorsze warunki pracy układu przeniesienia napędu w przypadku hamulca z przeciwsobnymi parami magnetycznymi. Gorsze warunki wynikają z faktu, że kąt obrotu jest dwukrotnie większy, a wartość momentu oporu jest około 3 trzykrotnie większa niż w przypadku hamulca ze zgodnymi parami, co powoduje dużo większe przeciążenia dynamiczne transmitowane do układu przeniesienia napędu.
6. Układ z parami zgodnymi sprawia, że obciążenie układu napędowego podczas pracy w przeciążeniu jest mniejsze.
7. Zastosowanie magnesów neodymowych powoduje znaczne namagnesowanie konstrukcji co może mieć wpływ na warunki eksploatacji. W takim przypadku

- zastosowanie układu przeciwsobnego w znacznym stopniu minimalizuje magnesowanie elementów korpusu obudowy oraz wirnika.
8. Układ rozłączania hamulca, niezbędny w celu zastosowania proponowanej konstrukcji hamulca w urządzeniach małej mechanizacji, musi zapewniać takie rozłączenie układu, by zminimalizować resztkowe oddziaływania magnetyczne. Ma to znaczenie z uwagi na to, że w układach przeniesienia napędu urządzeń małej mechanizacji (np. wciągniki), często wykorzystywane są przekładnie o dużym przełożeniu. Niewielkie siły oporu pochodzące od hamulca mogą być wówczas zwielokrotnione przez przekładnię i będą niepotrzebnym obciążeniem źródła napędu np. wciągnika. Aktualnie stosowane układy hamulcowe spełniają to wymaganie, zatem opracowywany układ również powinien posiadać takie same własności.
 9. Doświadczenia uzyskane w trakcie omawianych prac projektowo-badawczych potwierdziły możliwość wykorzystania magnesów neodymowych do opracowania konstrukcji hamulca, przeznaczonego do użycia np. we wciągniku.
 10. Należy mieć na uwadze, że zastosowanie magnesów w konstrukcji hamulca będą musiały poprzedzić badania, które wykażą niezmiennosc parametrów magnesów. W szczególności należy zweryfikować, czy w trakcie pracy będzie dochodziło do wzrostu temperatury w obrębie zespołu hamulca, a tym samym zmianę własności magnesów i parametrów zespołu hamulca.

Literatura

- [1] Dobrzaniecki P. i in.: „Projekt postaci konstrukcyjnej hamulca z magnesami neodymowymi. Wstępne obliczenia”, ITG KOMAG Gliwice 2018 (materiały niepublikowane).
- [2] Dobrzaniecki P i in.: „Wykonanie modelu doświadczalnego hamulca przy pomocy techniki druku 3D. Montaż i badania”, ITG KOMAG Gliwice 2018 (materiały niepublikowane).
- [3] Dobrzaniecki P., Kalita M.: „Możliwość zastosowania magnesów neodymowych w sprzęgłach maszyn i urządzeń”, Maszyny Górnicze nr 4, s. 27-38.
- [4] Strona internetowa: www.euromagnesy.eu (29.04.2019)
- [5] Strona internetowa: www.magnesy.eu (29.04.2019)
- [6] Strona internetowa: www.tridelta.pl (29.04.2019)
- [7] Strona internetowa: www.ktr.com (29.04.2019)
- [8] Strona internetowa: www.kjmagnetics.com (29.04.2019)

dr inż. Piotr Dobrzaniecki
pdobrzaniecki@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Szybkie prototypowanie łopatek wentylatorów

Andrzej Drwięga
Michał Szelka
Andrzej Turewicz

Rapid prototyping axial fan blades

Streszczenie:

W artykule omówiono dotychczasowe prace rozwojowe, realizowane przez ITG KOMAG, w ramach projektu europejskiego INESI, których celem jest zwiększenie efektywności wentylatorów stosowanych w podziemiach kopalń. Cel ten może zostać osiągnięty przez polepszenie parametrów eksploatacyjnych wentylatora, poprzez modyfikację łopatek wirnika. Omówiono metodykę szybkiego prototypowania łopatek wentylatora, które zostaną przetestowane, z zastosowaniem druku 3D, przy wsparciu modelowaniem CFD. Przedstawione zostały również wyniki badań wentylatora przed i po modyfikacji łopatek.

Słowa kluczowe: górnictwo, wentylacja, wentylator osiowy, łopatki wentylatora, drukowanie 3D, modelowanie CFD

Keywords: mining, ventilation, axial fan, blades of fan, 3D printing, CFD modelling

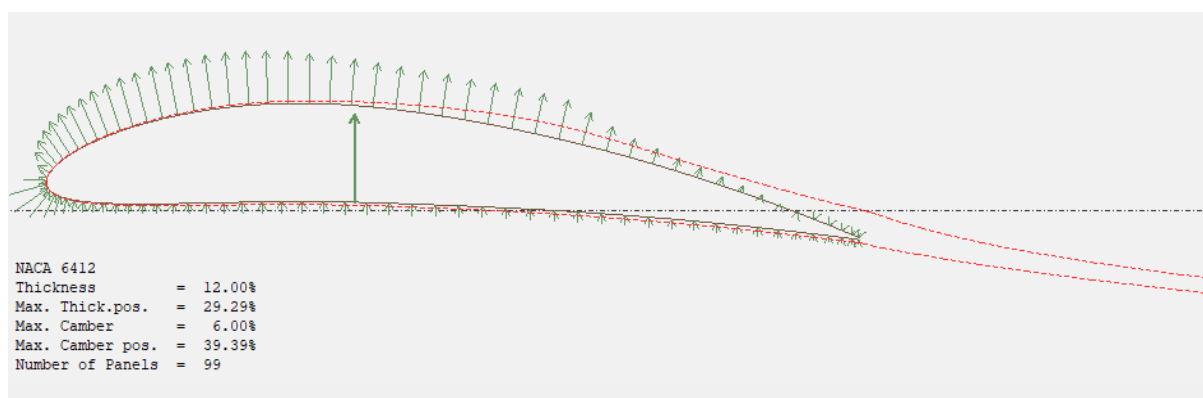
Abstract:

The article discusses previous development works carried out by ITG KOMAG within the framework of the European INESI project, whose aim is to increase the efficiency of fans used in underground mines. This goal can be achieved by improving the operating parameters of the fan, through the modification of the rotor blades. The methodology of rapid prototyping of fan blades which are going to be tested using 3D printing with the support of CFD modeling is discussed. The results of fan tests before and after modification of the blades are discussed.

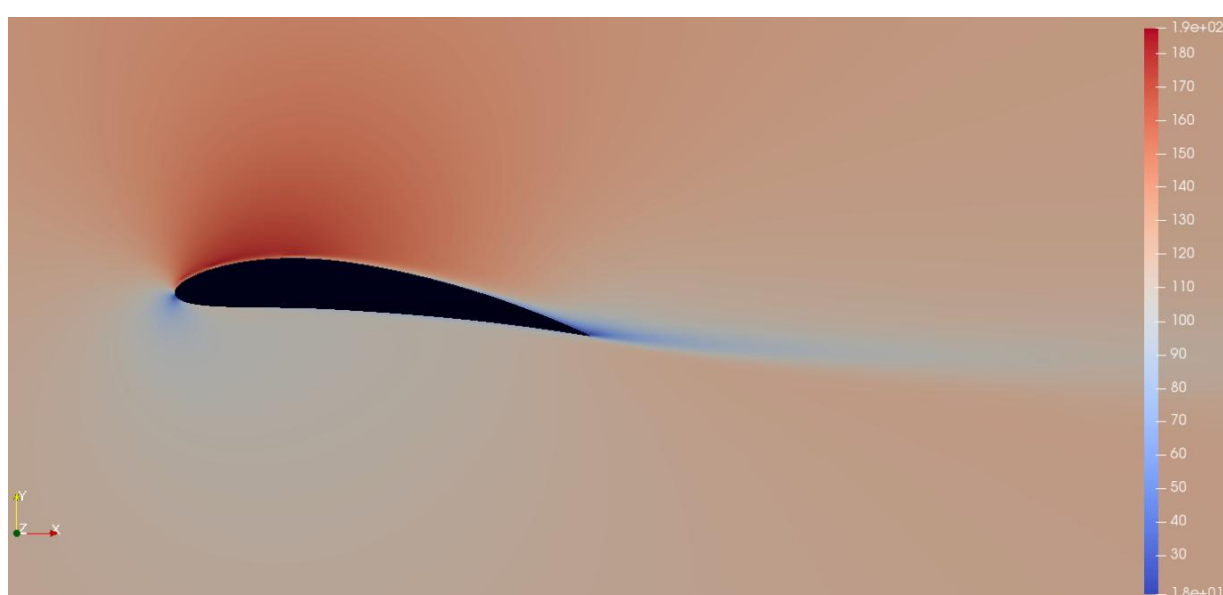
1. Wprowadzenie

W konstrukcjach wirników wentylatorów górniczych do wspomagającego przewietrzania wyrobisk w podziemiach kopalń, stosowane obecnie są łopatki o profilu łukowym wykonane z giętej blachy. Tego typu łopatki ze względu na prosty proces produkcji, jak i wystarczający stosunek kosztu produkcji względem uzyskanej sprawności układu, są dotychczas najczęściej wybieranym rodzajem łopatek. Metody szybkiego prototypowania oparte na obliczeniach CFD oraz druku 3D pozwalają na redukcję czasu jak i kosztu opracowania łopatek o złożonym kształcie powierzchni.

W oparciu o doświadczenia z przeprowadzonych badań wentylatorów w ITG KOMAG można założyć, że w wyniku korekty kształtu łopatek wentylatora można zwiększyć jego sprawność od kilku do kilkunastu procent. W profilach aerodynamicznych typu NACA (rys. 1), drogi opływu powietrza po obu stronach łopatki są wyraźnie zróżnicowane, co powoduje, że powietrze po stronie bardziej wypukłej, umownie „górnej”, podczas przepływu musi obiegać profil szybciej (rys. 2), wskutek czego ulega rozrzedzeniu. Skutkuje to tym, że ciśnienie statyczne po stronie górnej jest mniejsze niż po stronie umownie „dolnej”, co powoduje zasysanie powietrza. Analogicznie, gdybyśmy rozważali nie łopatkę a skrzydło samolotu, w wyniku rozrzedzenia powietrza generowana byłaby siła nośna „unosząca” skrzydło.



Rys. 1. Przykład profilu aerodynamicznego typu NACA 6412 [opracowanie własne]



Rys. 2. Przykładowa mapa prędkości opływu [opracowanie własne]

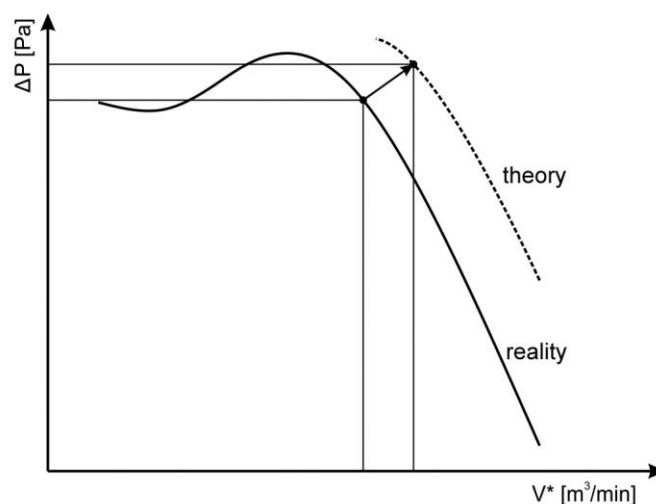
Wirująca łopatka generuje nie tylko siłę nośną w wyniku rozrzedzenia powietrza ale również siłę oporu. Istotnym w budowie łopatki jest wskaźnik ilorazu siły nośnej i siły oporu F_y/F_x zwany również bezwymiarowym wskaźnikiem doskonałości aerodynamicznej „k”, który powinien mieć jak największą wartość, zwłaszcza w zakresie nominalnej pracy wentylatora. Generowane siły wytwarzają również niewielki moment siły, który powoduje tendencję do obracania łopatki względem geometrycznego środka przekroju. Na ogół wartości momentu obrotowego mają niewielkie wartości i zmieniają się wraz z kątem natarcia łopatki, dlatego ich wpływ na stabilność zamocowania łopatki jest pomijalny.

2. Zasady projektowania łopatek wentylatora

W celu zwiększenia sprawności wentylatora lub uzyskania korzystniejszego spiętrzenia, przy tej samej pobieranej mocy, łopatka powinna mieć opływowy, aerodynamiczny kształt, podobnie jak skrzydło samolotu czy turbiny wiatrowej. Zalecanym kształtem jest profil asymetryczny, z dolną powierzchnią, lekko wklęsłą na 2/3 długości. Profil posiada

pogrubioną część przednią i zwężającą się część tylną, tworząc wyostrzoną krawędź spływu. Powierzchnia górna jest zdecydowanie wypukła, a dolna lekko wklęsła. Strumień powietrza generowany łopatkami powinien mieć jednakową prędkość na każdej wysokości łopatki. Ponieważ ze wzrostem wysokości łopatki liniowa prędkość jest coraz większa, jej przekrój na danej wysokości winien to kompensować. W efekcie łopatka powinna być stopniowo skręcana wraz ze wzrostem odległości od osi obrotu. Wynikowy kształt łopatki i jej skręcenia powinien być ściśle związany z prędkością obrotową wirnika i osiową prędkością przepływu powietrza. Dla doboru właściwego ww. skręcenia łopatek, należy obliczyć wynikowe wektory prędkości powietrza na różnych wysokościach w oparciu o zakładaną wydajność wentylatora i znaną prędkość obrotową napędu. Należy również dobrać kąt natarcia, mający istotny wpływ na wydajność przepływową wentylatora. W warunkach obciążenia większego niż nominalne, wentylator może pracować z efektem tak zwanego „pompażu”. Podobny efekt, nazywany „przeciągnięciem” może wystąpić na skrzydłach samolotu, gdy pilot nadmiernie zwiększy kąt natarcia przy niewystarczającej prędkości samolotu. Brak dostatecznej mocy powoduje zmniejszenie prędkości przy ostrym wznoszeniu, co jeszcze bardziej powiększa kąt natarcia i skrzydła nie generują siły nośnej. W przypadku wentylatora efekt ten polega na odrywaniu się strugi powietrza od powierzchni łopatki, przez co za łopatkami wytwarzają się turbulencje, w wyniku czego wentylator pracuje głośniejsze, a jego sprawność znacznie się obniża.

Niestateczny zakres pracy wentylatora, ze względu na niską sprawność charakteryzuje się pulsacjami przepływającego czynnika, drganiami i zmianą emitowanego dźwięku [2]. Aby tego uniknąć należy dobrać spiętrzenie wentylatora, uwzględniając zakładaną wydajność przewietrzania jak i średnicę oraz długość lutniociągu. Ze względu na różnicę pomiędzy wynikami analitycznymi a rzeczywistymi wynikami badań (rys. 3) należy uwzględnić nadwyżkę mocy oraz spiętrzenia na poziomie 30%.



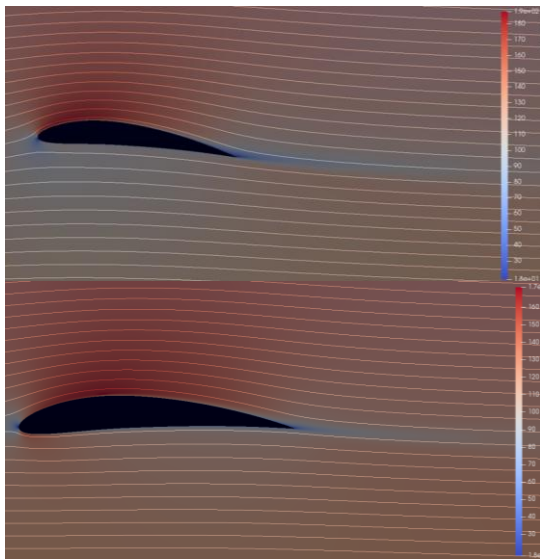
Rys. 3. Porównanie własności wentylatora projektowanego i rzeczywistego [opracowanie własne]

Wirnik wentylatora, abstrahując od parametrów silnika, ma zasadniczy wpływ na jego parametry pracy (spiętrzenie [Pa], wydajność [m^3/min], sprawność [%]). Wirnik można optymalizować w aspekcie jego cech geometrycznych, głównie poprzez dobór odpowiedniego kształtu łopatek oraz ich liczby. Prototypowanie łopatek o aerodynamicznym

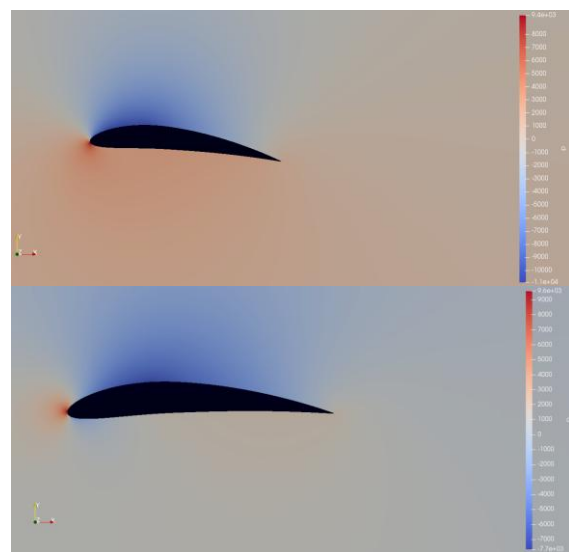
kształcie, tradycyjnymi metodami jak obróbka skrawaniem czy odlewanie, w celu przeprowadzenia testów jest bardzo kosztowne. W związku z tym, podczas realizacji projektu INESI wykorzystano możliwości szybkiego prototypowania, co pozwoliło na znaczącą redukcję kosztu wytworzenia prototypowych łopatek do zrealizowania badań stanowiskowych.

3. Modelowanie CFD

Modele łopatek zostały opracowane w programie Inventor, a następnie poddane analizie CFD. Do analizy wykorzystano program OpenFOAM, który jest oprogramowaniem o otwartym kodzie źródłowym, napisanym w języku C++. Procesor OpenFOAM (solver) rozwiązuje równania różniczek cząstkowych metodą objętości skończonych. Obliczenia dotyczące poszczególnych przekrojów łopatek pozwalają na określenie prędkości opływającego powietrza wzdłuż konturu oraz wyznaczenie linii prądu powietrza (rys. 4.) przy różnych kątach natarcia łopatki oraz dla założonych prędkości liniowych danego konturu, wynikających z prędkości obrotowej wentylatora oraz odległości przekroju od środka obrotu. Obliczenia umożliwiają również na przeanalizowanie rozkładu ciśnienia wokół konturu (rys. 5) i jak można zauważyć, wartościom większych prędkości, odpowiadają proporcjonalnie mniejsze wartości ciśnienia.

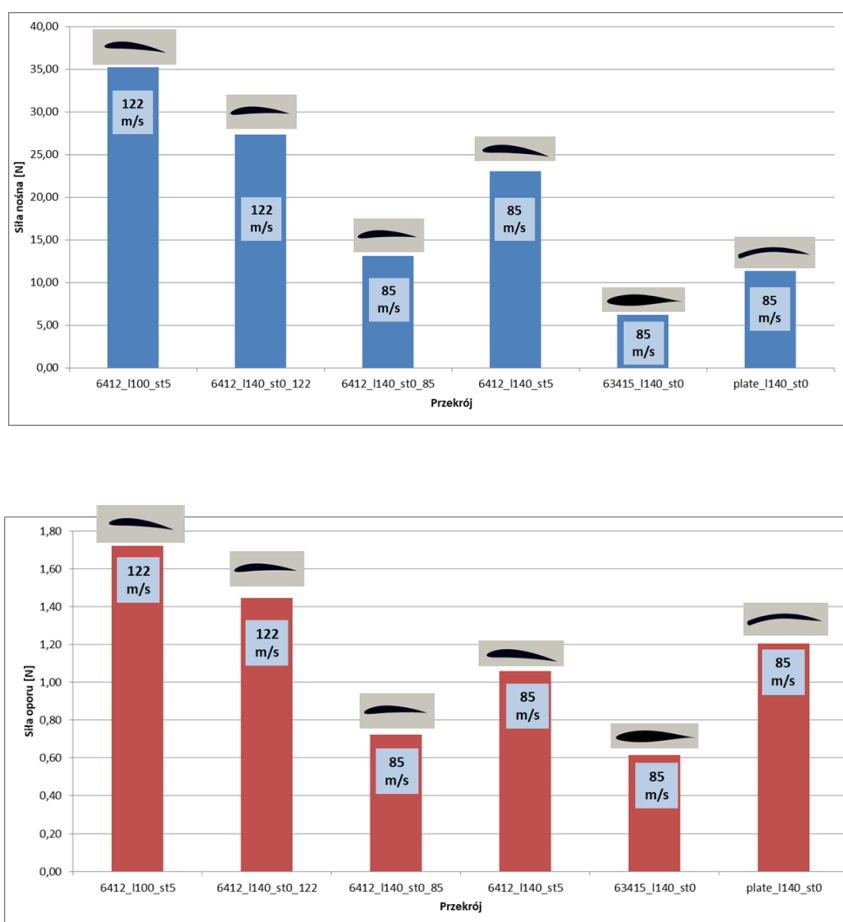


Rys. 4. Mapa prędkości opływu powietrza wokół profilu przy kącie natarcia 5° i 0°
[opracowanie własne]



Rys. 5. Mapa rozkładu ciśnienia powietrza wokół profilu przy kącie natarcia 5° i 0°
[opracowanie własne]

Obliczenia CFD pozwalają również określić wartości siły nośnej F_y , siły oporu F_x oraz momentu siły wynikowej, względem geometrycznego środka przekroju profilu. W celach porównawczych przeanalizowano trzy typy łopatek: NACA 6412, NACA 63415 oraz łopatkę typu single thickness. Łopatkę NACA 6412 przeanalizowano w dwóch przekrojach, odpowiadających liniowym prędkościom wirowania 122 m/s i 85 m/s oraz dla dwóch kątów natarcia: 5° oraz 0°. Pozostałe dwa typy łopatek obliczono dla prędkości 85 m/s przy zerowym kącie natarcia. Wyniki obliczeń siły nośnej, siły oporu i momentu zestawiono na wykresach na rysunku 6.

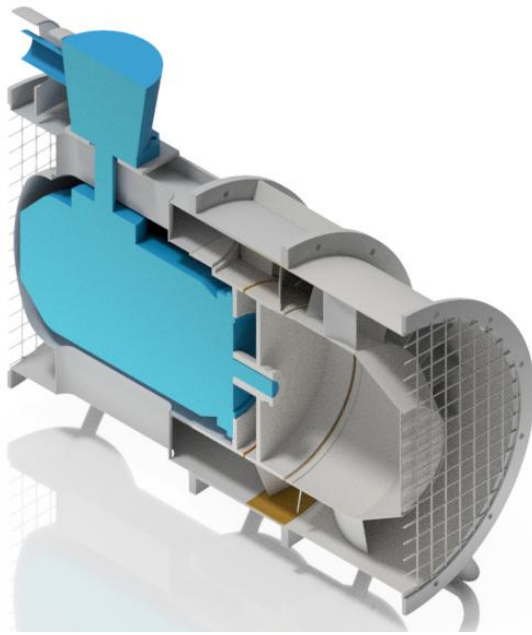


Rys. 6. Od góry: wartości siły nośnej i siły oporu dla różnych przekrojów, dla różnych typów i kątów natarcia łopatek [opracowanie własne]

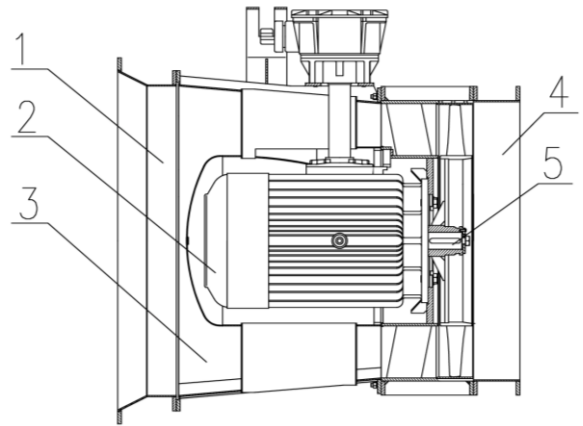
Jak można zaobserwować na podstawie uzyskanych wyników obliczeń, wzrostowi siły nośnej towarzyszy proporcjonalny wzrost siły oporu.

4. Wspomaganie budowy prototypów łopatek drukiem 3D

Analiza łopatki wirnika wykonanej metodą gięcia płatów blach wykazała: niską sprawność w obszarach poza optymalnym punktem pracy. Poszukując eksperymentalnie korzystniejszego zarysu łopatki modyfikowano jej profil poprzez naklejanie nakładek korygujących wykonanych techniką druku 3D. W celu opracowania skutecznej techniki modyfikacji łopatek za pomocą drukowanych nakładek, zrealizowano próby z naklejanymi nakładkami korygującymi łopatek na wentylatorze WLE $\phi 630$ (rys. 7), o mocy 18,5 kW i prędkości wirowania 3000 obr/min.



Rys. 7. Przekrój wentylatora osiowego WLE $\phi 630$
[opracowanie własne]



Rys. 8. Schemat wentylatora osiowego 1 – króciec odcinka ssawnego, 2 – silnik, 3 – obudowa, 4 – króciec odcinka tłoczącego, 5 – wirnik
[opracowanie własne]

Analiza łopatki wirnika wentylatora wykazała, że jej czołowa część, wraz z krawędzią natarcia, ma niejednoznacznie uformowany zarys (podobnie jak krawędź spływu, która nie posiada zdecydowanego wyostrenia). Ponadto, analizując obwodową prędkość łopatki stwierdzono iż jej grubość, mierzona na 1/3 długości od krawędzi natarcia, jest zbyt mała, w porównaniu do grubości stosowanych w profilach typu NACA. Zatem jej praca jest zbliżona do pracy łopatek o stałej grubości uzyskiwanych metodą gięcia płytów blach. Wcześniej wykonano próbę wytrzymałościową połączenia klejonego pomiędzy wydrukowanym materiałem (ABS) a modyfikowaną łopatką (ITAMID). Dwie nakładki próbne przyklejono na dwu przeciwległych łopatkach i poddano próbie wirowania w celu sprawdzenia wytrzymałości połączenia. Nakładki wentylatora poddano próbie wytrzymałościowej przy prędkości obrotowej ok. 3000 obr/min na czas 1 godziny. Po pozytywnej próbie opracowano i wykonano nakładki z ABS na wszystkie łopatki, które po naklejeniu, nadały im cechy charakterystyczne dla profilu typu aerofoil. Prace rozpoczęto od wyznaczenia charakterystyk pracy wentylatora, bez naklejonych nakładek, na stanowisku do badań wentylatorów lutniowych typu „C” wg normy PN-EN ISO 5801:2017-12. W celu umożliwienia porównania parametrów wentylatora przed i po modyfikacji, dla nominalnej prędkości obrotowej $n=3000$ obr/min wyznaczono charakterystyki w postaci krzywych spiętrzenia, sprawności i mocy, w funkcji wydajności.

W kolejnym kroku zeskanowano łopatki wirnika za pomocą skanera 3D, uzyskane dane poddano obróbce w programie 3DS MAX w celu przekonwertowania ich na postać bryłową, za pomocą programu Autodesk Inventor. Nakładki wzorowane były na niesymetrycznym profilu NACA 6412, gdzie maksymalna grubość znajdowała się w zakresie 35-70% jej długości. W komputerowym procesie optymalizacji kształtu, zgodnie z przyjętym profilem

wzorcowym, w łopatkę wyodrębniono 6 przekrojów, w zależności od odległości rozpatrywanego przekroju od podstawy i dla każdego z nich opracowano jego geometrię.

Na podstawie wyników analizy CFD zoptymalizowano i wydrukowano specjalnie zaprojektowane nakładki. Ich naklejenie na istniejące łopatki (rys. 9) nadając jednocześnie nowej krawędzi spływu większego „zaostrenia”, aby w maksymalnym stopniu zapewnić laminarność przepływu również na końcu profilu.

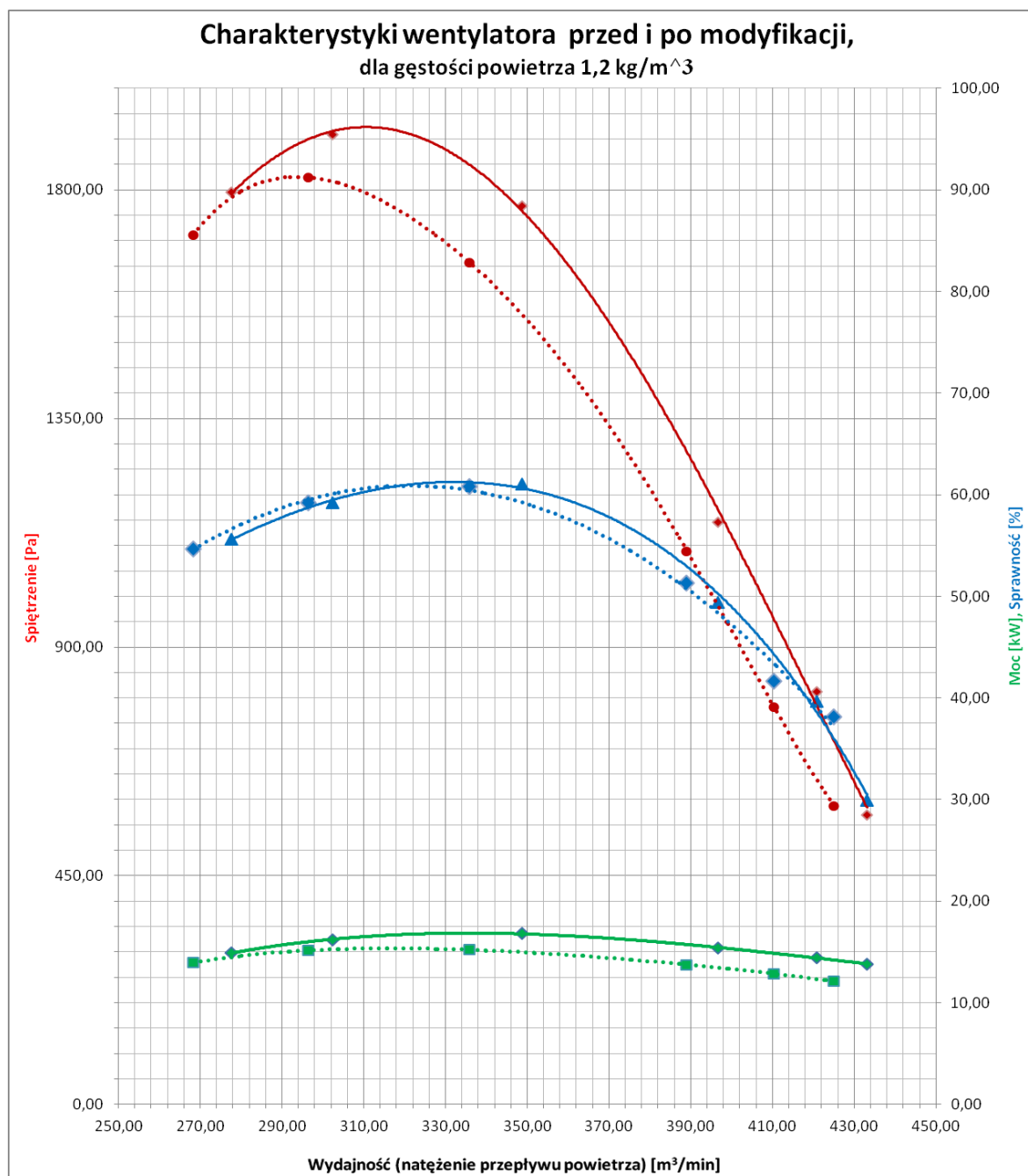


Rys. 9. Łopaska wirnika przed i po naklejeniu nakładki korygującej [opracowanie własne]



Rys. 10. Zmodyfikowany wirnik wentylatora $\phi 630$ po procesie wyważania [opracowanie własne]

Zmodyfikowany wirnik (rys. 10) wyważono i ponownie zabudowano w wentylatorze, który przebadano na stanowisku badawczym. Na wykresie (rys. 11) zestawiono charakterystyki wentylatora przed i po modyfikacji wirnika. Linia ciągłą odnotowano zdecydowany wzrost spiętrzenia, z optymalnym punktem pracy na poziomie 8%, a także, nieznaczną poprawę sprawności w zakresie stabilnej pracy wentylatora. Nieznacznie zwiększył się pobór mocy, a poziom mocy akustycznej w punkcie nominalnej pracy nie zmienił się i wyniósł $118,0 \pm 3,0$ dB.



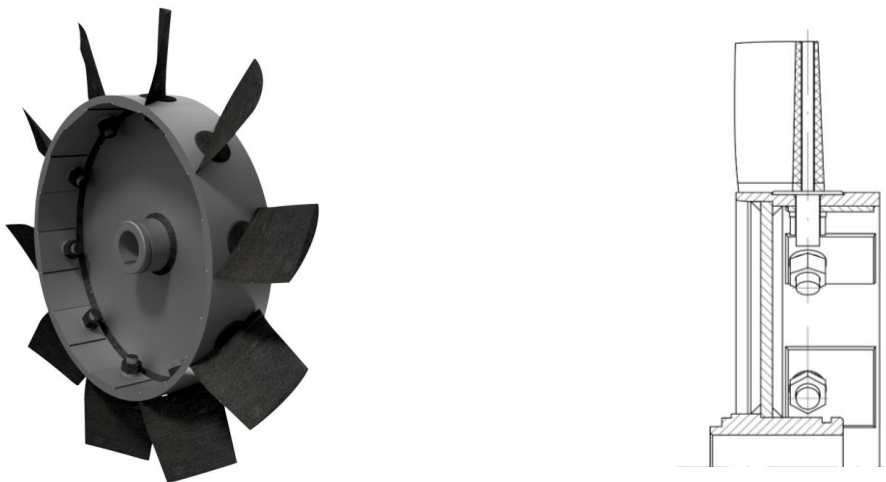
Rys. 11. Porównanie charakterystyki wentylatora przed (linia przerywana) i po modyfikacji (linia ciągła) układu łopatkowego [opracowanie własne]

Badania potwierdziły, że opracowana metoda naklejania nakładek sprawdziła się pod względem wytrzymałościowym, co umożliwia dalsze prace nad wentylatorem docelowym. Obecnie trwają prace nad projektem wirnika docelowego wentylatora $\phi 800$ o zmiennym kącie natarcia łopatek. Możliwość zmiany kąta natarcia wraz ze specjalnie opracowanym profilem łopatek pozwolą na uzyskanie korzystnego wskaźnika aerodynamicznego wirnika tj. maksymalną wartość współczynnika siły nośnej do współczynnika oporu [12]. W układzie wirnik - kierownica tylna, nawet niewielka zmiana kąta natarcia (α) łopatki powinna spowodować wzrost lub spadek ciśnienia.

W pierwszym eksperymencie modyfikacyjnym, oryginalna łopatka stanowiła bazę wraz z systemem zabudowy w wirniku dla nowej wersji łopatki. Eksperyment modyfikacyjny istniejących łopatek metodą naklejania wydrukowanych nakładek korygujących nie stanowił zatem większego wyzwania. Tymczasem, w przypadku uzyskiwania kompletnej łopatki metodą wydruku, problem okazał się bardziej złożony i wymagał zastosowania stalowej bazy z trzema szpilkami wzmacniającymi oraz gwintowanym trzpieniem do zamocowania na wirniku (rys. 12). Wirnik z łopatkami, przeznaczony do eksperymentalnych badań stanowiskowych, pokazano na rysunku 13. Kąt natarcia łopatek można korygować przez poluzowanie i dokręcenie nakrętki.



Rys. 12. Od lewej: baza stalowa z czopem mocującym, wydrukowana łopatka mocowana do bazy, kompletna łopatka gotowa do zamocowania na wieńcu wirnika [opracowanie własne]



Rys. 13. Zaprojektowany nowy wirnik wentylatora [opracowanie własne]

5. Podsumowanie

Przedstawione wyniki prac badawczo rozwojowych otrzymano w ramach realizacji projektu europejskiego INESI dofinansowanego z funduszu RFCS.

Uzyskano następujące efekty:

- zmodyfikowany wentylator o średnicy $\phi 630$, o podwyższonych o około 8% wartościach spiętrzenia,
- opracowano i sprawdzono metodykę projektowania i drukowania 3D nakładek przeznaczonych do naklejania na szkielet bazowy łopatki,

- zaprojektowano wirnik z regulowanym osadzeniem łopatek, w celu przeprowadzenia badań docelowego wentylatora $\phi 800$,

Kolejnymi etapami prac związanych z wentylatorem, będą:

- budowa eksperymentalnego wirnika dla docelowego wentylatora $\phi 800$ z możliwością zmiany kąta natarcia łopatek,
- badania wentylatora na stanowisku, dla różnych kątów natarcia łopatek oraz odniesienie wyników badań do wyników obliczeń CFD łopatek wentylatora.

Literatura

- [1] Arżnikow N.S.: Aerodynamika. PWN, Warszawa 1959.
- [2] Bieniek C.: Wentylatory osiowe, WNT, Warszawa 1961.
- [3] Bleier F.: Fan handbook. McGraw-Hill Education, New York 1997.
- [4] Dz.U. 2017 poz. 1118 Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, Rozdział 3 Przewietrzanie za pomocą lutniociągów, pomocniczych urządzeń wentylacyjnych lub przez dyfuzję.
- [6] Fortuna S.: Wentylatory. Podstawy teoretyczne, zagadnienia konstrukcyjno-eksploatacyjne i zastosowanie. Techwent, Kraków 1999.
- [7] "INESI - Increase Efficiency And Safety Improvement In Underground Mining Transportation Routes". Projekt realizowany w ramach funduszu RFCS, umowa nr : 754169. Gliwice 2018.
- [8] Drwięga A, Szelka M, Turewicz A.: Improvement of auxiliary ventilation efficiency in underground workings. Mining of Sustainable Development 2018.
- [9] Kuczewski S.: Wentylatory. WNT, Warszawa 1978.
- [10] Łazarkiewicz S.: Pompy Sprężarki Wentylatory, PWT, 1957.
- [11] Panigrahi D.Ch; CFD simulations for the selection of an appropriate blade profile for improving energy efficiency in axial flow mine ventilation fans, Journal of Sustainable Mining 2014.
- [12] Tulisza E.: Sprężarki, dmuchawy i wentylatory. WNT, Warszawa 1969.
- [13] Zbigniew Paturski: „Przewodnik po projektach z Mechaniki Lotu” wyd. 5.2.
- [14] <http://www.uwm.edu.pl/kolektory/silownie/aerodynamika.html> (28.05.2019)

dr inż. Andrzej Drwięga
adrwiega@komag.eu

mgr inż. Michał Szelka
mszelka@komag.eu

mgr inż. Andrzej Turewicz
aturewicz@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

System monitorowania baterii ogniw ołowiowych

Bartosz Polnik
Wojciech Kurpiel

System for monitoring lead-acid battery pack

Streszczenie:

Górnice maszyny akumulatorowe zasilane są w większości z baterii ogniw kwasowo-ołowiowych. Ogniwa te w czasie ładowania bądź doładowywania wydzielają wodór, który w określonych stężeniach jest gazem wybuchowym. Świadomość tego zagrożenia jest coraz bardziej powszechna wśród użytkowników maszyn akumulatorowych a swoje zainteresowanie skutecznością wentylacji skrzyń bateryjnych wyrażają pracownicy zakładów górniczych oraz urzędnicy organu nadzoru rynku. W artykule przedstawiono wyniki badań skuteczności wentylacji skrzyń akumulatorowych, oraz wskazano problemy z nią związane. Zaproponowano nowoczesne rozwiązanie poprawiające bezpieczeństwo pracy maszyn akumulatorowych zasilanych z baterii ogniw ołowiowych. Omówiono budowę i zasadę działania autonomicznego systemu monitorowania parametrów pracy baterii ogniw ołowiowych, jak również zastosowane w nim technologie pomiarowe.

Słowa kluczowe: górnictwo, elektrotechnika, elektronika, maszyny akumulatorowe, ogniwa ołowiowe, wodór, metrologia, bezpieczeństwo

Keywords: mining industry, electrical engineering, electronics, battery-powered machines, lead-acid cells, hydrogen, metrology, safety

Abstract:

Mining machines are often powered by lead-acid batteries. During charging and recharging of the batteries, hydrogen is released from the cells, posing the risk of explosion when a certain hydrogen concentration level is exceeded. Users of the battery powered machines are becoming more aware of the risk, and people working in mining plants as well as mining authorities are more concerned about how efficient battery box ventilation is. The results of tests on the efficiency of ventilation of battery boxes, as well as the problems related to it are presented in the article. A state-of-the-art solution to improve the safety of operation of the lead-acid battery powered machines was proposed. The design and operation of the autonomous monitoring system of lead-acid battery parameters as well as the measurement technologies used in it were discussed.

1. Wprowadzenie

Kopalniane systemy transportu poziomego ulegają ciągłemu rozwojowi. Powstają nowoczesne rozwiązania maszyn spalinowych i elektrycznych. Eksploatacja coraz głębszych pokładów, przy zachowaniu istniejących systemów wentylacyjnych, wymusza na użytkownikach ograniczanie a w skrajnych przypadkach całkowite wyeliminowanie stosowania maszyn z napędem spalinowych z tych rejonów. Alternatywą dla tych maszyn są rozwiązania maszyn z napędem elektrycznym. Rozróżniamy maszyny zasilane z trakcji bądź maszyny akumulatorowe. Z uwagi na mobilność, rozwiązania akumulatorowe są częściej stosowane.

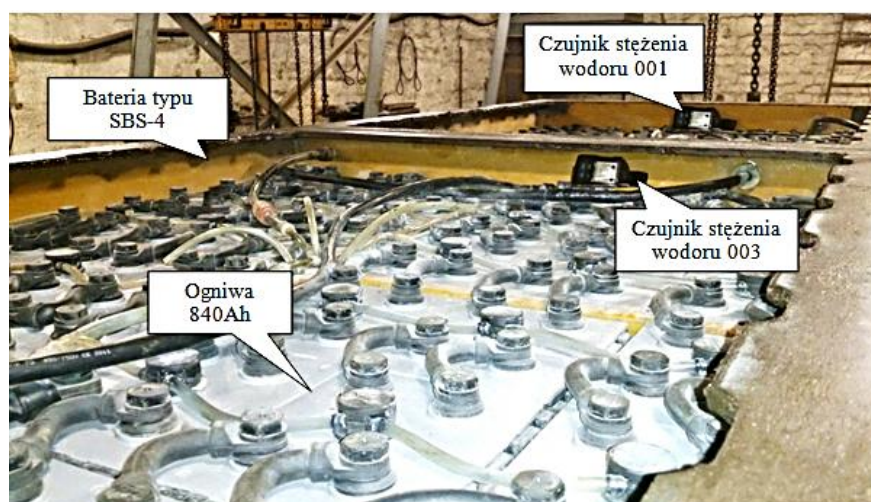
W górniczych lokomotywach akumulatorowych, ze względu na właściwości trakcyjne, do zasilania stosowane są dotąd wyłącznie ogniwa kwasowo-ołowiowe o zróżnicowanej pojemności (do 1000Ah). Są to jedne z trzech rodzajów ogniw, dopuszczonych do stosowania w maszynach górniczych pracujących w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Pozostałe to niklowo-kadmowe oraz niklowo-wodorkowo-metalowe. Ogniwa kwasowo-ołowiowe w procesie ładowania bądź doładowywania wydzielają wodór, który w określonych

stężeniach jest gazem wybuchowym. W związku z powyższym norma PN-EN 1889-2+A1:2010 „Maszyny dla górnictwa podziemnego. Podziemne maszyny samobieżne. Bezpieczeństwo. Część 2: Lokomotywy szynowe” zawiera obostrzenie: „...w skrzyni, przedziale i/lub pokrywie akumulatora należy zastosować odpowiednie otwory wentylacyjne, aby nie występowało niebezpieczne stężenie oparów. Przy szacowaniu wymaganej wentylacji, stężenie gazów elektrolitycznych powinno być mniejsze niż 2%, w celu uniknięcia niebezpieczeństwa zapłonu”. Z przeprowadzonej analizy stanu wiedzy wynika, że skuteczność wentylacji baterii akumulatorów w czasie pracy maszyny nie jest w żaden sposób monitorowana. Z tego powodu, przeprowadzone zostały badania mające na celu sprawdzenie, czy istnieje konieczność monitorowania stopnia stężenia wodoru, w celu zapewnienia bezpieczeństwa oraz zachowania efektywności pracy górniczych lokomotyw akumulatorowych. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano i wykonano, przy współpracy z firmą GABRYPOL, prototyp autonomicznego systemu monitorowania parametrów baterii ogniwołowiowych, któremu nadano nazwę MONITOR-H.

2. Skuteczność wentylacji skrzyń akumulatorowych

Celem zweryfikowania skuteczności wentylacji skrzyń bateryjnych stosowanych w podziemiach kopalń węgla kamiennego, zostały przeprowadzone badania wstępne. Badania przeprowadzono w wyrobiskach korytarzowych wybranych kopalń węgla kamiennego. W czasie badań rejestrowano stężenie wodoru we wnętrzu baterii akumulatorów.

Pomiar stężenia wodoru realizowano za pomocą dwóch czujników katalitycznych umieszczonych w komorach baterii akumulatorów (rys. 1).

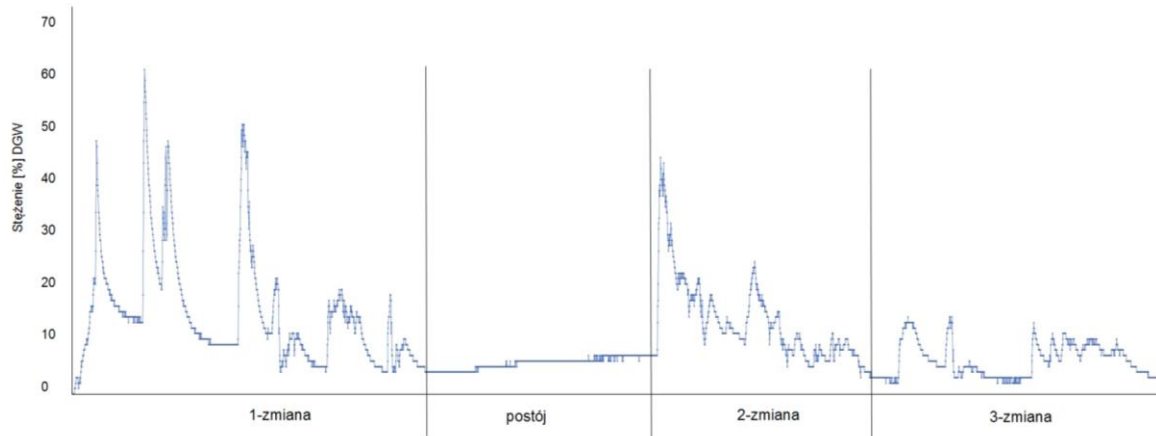


Rys.1. Rozmieszczenie czujników stężenia wodoru we wnętrzu baterii akumulatorów [1]

Rozmieszczenie czujników stężenia wodoru wynikało z budowy ognioszczelnej baterii SBS-4 oraz kierunku jazdy lokomotywy. Czujniki stężenia wodoru, umieszczone we wnętrzu naładowanej baterii akumulatorów, rejestrowały stężenia wodoru podczas pracy lokomotywy górniczej aż do momentu jej rozładowania. Pomiar trwał cztery zmiany robocze (24 h).

Rejestrowano procentowe stężenie wodoru w odniesieniu do DGW (Dolnej Granicy Wybuchowości). Przeliczenie ze stężenia procentowego na objętościowe wynikało z potrzeby określenia wybuchowego stężenia wodoru (wodór w powietrzu jest gazem wybuchowy

w stężeniu od 4 do 75% obj.). Jako 100% DGW przyjęto wartość 4% obj. Odniesienie % DGW do zapisu z normy PN-EN 1889-2+A1:2010, dotyczącego przewietrzania skrzyni akumulatorowej (tak, aby stężenie wodoru nie przekraczało 2% obj.), skutkowało tym, że pomiar stężenia wodoru poniżej 40-50% DGW oznaczał spełnienie wymagań bezpieczeństwa. Na rysunku 2 pokazano przykładowy przebieg zarejestrowanego stężenia wodoru w czasie prowadzonych badań.



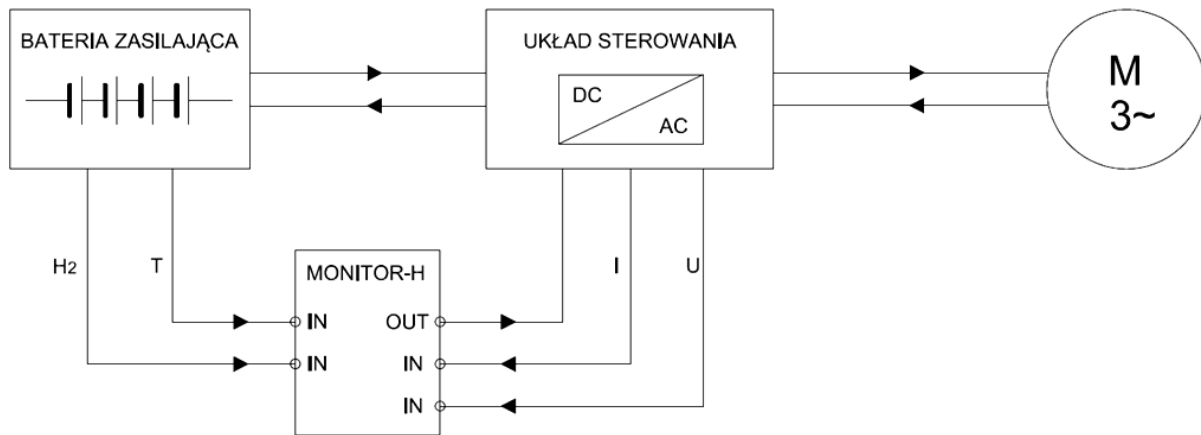
Rys.2. Przebieg stężenia wodoru zarejestrowane podczas pracy lokomotywy Lea 12P3A [2]

Jak wynika z przebiegu na rysunku 2, najwyższe stężenie wodoru zarejestrowano podczas pierwszej zmiany - 60% DGW (2,4% obj.). Również w trakcie trwania drugiej zmiany stężenie wodoru przekraczało 40% DGW (1,6% obj.). Dopiero na trzeciej zmianie, stężenie wodoru spadło poniżej 20% DGW (0,8% obj.). Wysokie stężenie wodoru, zarejestrowane podczas pierwszej zmiany roboczej, wynikało z faktu, że bateria była wtedy w pełni naładowana, i hamowanie elektryczne z rekuperacją energii powodowało doładowanie ogniw i emisję wodoru.

Badania górniczych lokomotyw akumulatorowych umożliwiły ocenę skuteczności systemu wentylacji skrzyń baterii akumulatorowych. Uzyskane wartości stężenia wodoru pozwoliły stwierdzić, że wymogi normy odnośnie maksymalnego stężenia wodoru (poniżej 2% obj.) w trakcie pracy maszyn akumulatorowych nie były spełnione. W związku z powyższym powstała konieczność opracowania innowacyjnego systemu monitorowania emisji stężenia gazu elektrolitycznego (wodoru) podczas pracy górniczych lokomotyw akumulatorowych i zastosowania go w układach sterowania tych maszynach, w taki sposób, aby nie dopuścić do przekroczenia stężenia dopuszczalnego wodoru w skrzyniach baterii akumulatorowych.

3. Budowa i zasada działania systemu MONITOR-H

System autonomicznego monitorowania baterii ogniw ołowiowych, jest prosty w budowie, bezpieczny oraz niezawodny w działaniu. Jego zwarta konstrukcja o niewielkich gabarytach umożliwia łatwy montaż w istniejących skrzyniach baterii akumulatorów. Modułowa architektura systemu pozwala na szybkie prototypowanie (przygotowywanie w krótkim czasie projektów od fazy koncepcyjnej do produkcyjnej). Oznacza to, że system monitorowania może być konfigurowany do indywidualnych potrzeb użytkownika. Powyższe możliwości zwiększają funkcjonalność przedmiotowego systemu. Na rysunku 3 pokazano schemat blokowy przedmiotowego systemu monitorowania.



Rys.3. Schemat blokowy systemu MONITOR-H [3]

Główne cele systemu monitorowania baterii ogniw ołowiowych zgodnie z założeniami to:

- ochrona ogniw przed uszkodzeniem,
- przedłużenie żywotności,
- utrzymanie pożądanego stanu baterii,
- współdziałanie z aplikacją hostingową.

Ochrona - Istotną funkcją systemu jest monitorowanie i kontrola ogniw przed działaniem w niesprzyjających warunkach. Jest to szczególnie istotne w maszynach transportowych z powodu trudnych warunków pracy. Nowoopracowany system monitorowania baterii ołowiowych musi być odporny na warunki eksploatacyjne i jednocześnie musi zaspokajać potrzeby użytkownika pod względem mocy, energii, temperatury pracy, cyklu życia baterii.

Żywotność - Poprzez efektywną kontrolę warunków pracy akumulatorów ich żywotność jest maksymalizowana. System monitorowania parametrów pracy baterii ołowiowych zapewnia optymalny algorytm ładowania, dzięki czemu wszystkie ogniwa pozostają na pożądanym poziomie działania. Zostaje ograniczony negatywny wpływ na żywotność i wytrzymałość baterii.

Komunikacja - Aby zapewnić lepszą kontrolę i większy poziom informacji dla użytkownika, system monitorowania baterii dostarcza informacji do aplikacji hostingowej. Zaliczamy tutaj informacje na temat pozostałej pojemności (wskaźnik poziomu energii), napięcia, temperatury, poboru prądu, ostrzeżeń i liczbie cykli a przede wszystkim emisji wodoru wydzielającego się we wnętrzu baterii akumulatorów.

Działanie system monitorującego polega na ciągłym pomiarze temperatury ogniw we wnętrzu skrzyni baterii ogniw oraz na ciągłym pomiarze stężenia wodoru wydostającego się z baterii podczas jej ładowania i doładowywania. Pomiary te realizowane są za pomocą dwóch czujników temperatury oraz dwóch czujników katalitycznych służących do pomiaru gazów palnych. Czujniki te, są podłączone do przetwornika analogowo-cyfrowego, w który wyposażony jest mikrokontroler. Zmierzone napięcie poprzez odpowiednio zastosowany przetwornik a/c mikrokontrolera będzie przetwarzane na wartość liczbową. W zależności od funkcji czujnika (pomiar temperatury lub stężenie wodoru), wartość liczbowa będzie porównywana z liczbą wzorcową zapisaną w programie mikrokontrolera. Wynikiem działania programu będzie informacja wyświetlana na module wyświetlacza. Informacja ta może być również wysyłana poprzez magistralę CAN do jednostki sterującej maszyną (opcja). Dodatkowo przewidziano możliwość podłączenia poprzez magistralę CAN przekaźnika wykonawczego, który w sytuacji przekroczenia dopuszczalnej wartości temperatury lub

dopuszczalnego poziomu stężenia wodoru uniemożliwi dalszą pracę maszyny. System MONITOR-H składa się z dwóch modułów nadajnika oraz z modułu odbiornika (rys. 4).



Rys. 4. Widok prototypu systemu MONITOR-H [4]

4. Zastosowane technologie pomiarowe

W opracowanym systemie monitorowania parametrów pracy baterii ogniwo ołowiowych można wyróżnić dwie główne zastosowane technologie monitorowania:

- monitoring energii,
- monitoring wodoru.

Monitoring energii - W działaniu modułu nadajnika I, na potrzebę pomiaru prądu, zastosowano przetworniki pomiarowe wykorzystujące do działania tzw. efekt Halla. Przetworniki elektryczne (rys. 5), zastosowane w przedmiotowym rozwiązaniu transformują prąd pierwotny na izolowany galwanicznie sygnał proporcjonalny do wartości chwilowej lub skutecznej tego prądu w szerokim paśmie częstotliwości od 0 do 800 kHz. Stosowane są do pomiaru prądów stałych i zmiennych do 20 kA (do zastosowań przemysłowych i w trakcji elektrycznej) oraz bardzo dużych prądów w procesach galwanicznych do 500 kA.



Rys. 5. Przetworniki elektryczne firmy LEM [5]

Głównym celem stosowania przetworników elektrycznych jest uzyskanie izolowanego od strony pierwotnej niskonapięciowego sygnału analogowego lub cyfrowego odzwierciedlającego wartość chwilową lub skuteczną, elektrycznej wartości mierzonej z wystarczającą dokładnością w danym paśmie częstotliwości. Sygnał ten może być odczytywany lub rejestrowany na mierniku lub monitorze, jak również przetwarzany w celu wykorzystania w układach sterujących dowolnym procesem lub urządzeniami.

Monitoring wodoru - Do pomiaru stężenia wodoru w przedmiotowej aplikacji zastosowane zostały komory eksplozymetryczne. Ważnym aspektem jest możliwość pomiaru w dwóch zakresach – niskim do 100% DGW (dolna granica wybuchowości) oraz wysokim powyżej 100% DGW. Taki zakres pomiarowy jest wymagany na potrzeby uzyskania dopuszczenia do pracy w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu lub/i pyłu węglowego. Technologia działania zastosowanej komory eksplozymetrycznej oparta jest na zjawisku spalania katalitycznego. Czujniki wyposażone w sensory katalityczne są przeznaczone do pomiaru stężenia i wykrywania obecności gazów oraz par substancji palnych w powietrzu, w zakresie do około 100% DGW. Dla zapewnienia prawidłowych warunków pracy detektora, należy go zabezpieczyć przed bezpośrednią ekspozycją na związki zatruwające i inhibitory.

Sensor katalityczny nie jest selektywny - reaguje (z różną czułością) na większość substancji palnych pojawiających się w jego otoczeniu. Z uwagi na to konieczne jest uwzględnienie ich obecności w czasie pracy czujnika. Stosując czujniki z sensorami katalitycznymi, należy być świadomym następujących faktów:

- Długotrwała obecność istotnych stężeń powoduje szybsze zużycie sensora. Zasadniczo sensory katalityczne służą do wykrywania incydentalnej obecności gazów palnych. Nie powinny one pracować w atmosferach, w których gazy palne o stężeniach powyżej około 20% DGW występują w sposób ciągły, bądź długotrwały, gdyż może prowadzić to do szybkiego zmniejszenia ich czułości i pojawienia się dryftu zera.
- Stężenia powyżej 100% DGW, nawet chwilowo utrzymujące się, mogą prowadzić do fizycznego zużycia się sensora. Z powyższych powodów czujniki pracujące w miejscach, gdzie mogą wystąpić takie warunki są/powinny być wyposażane w mechanizmy zabezpieczające przed negatywnym działaniem wysokich stężeń.
- Bardzo wysokie stężenie gazu palnego (znacznie powyżej 100% DGW) prowadzi do zmniejszenia stężenia tlenu - tym samym do obniżenia wskazania sensora. Stężenia objętościowe zbliżone do 100% mogą dać w efekcie zerową reakcję sensora (np. małe pomieszczenie i duże ilość gazu palnego uwolnione do atmosfery).

Do poprawnego działania sensora katalitycznego niezbędny jest tlen. Jeżeli monitorowana atmosfera zawiera gaz lub gazy, które rozrzedzają lub zastępują powietrze (zmniejszając przez to stężenie tlenu), na przykład azot lub dwutlenek węgla, to czujnik katalityczny może dać niską lub nawet zerową odpowiedź. Podobny efekt może wystąpić w przypadku uwolnienia do atmosfery dużej ilości gazu reakcyjnego (tworzącego stężenie powyżej zakresu pomiarowego) – z powodu zbyt małej ilości tlenu, wskazanie stężenia przez czujnik będzie mniejsze niż w rzeczywistości, a może nawet wynieść zero.

Temperatura może mieć wpływ na charakterystykę sensora. W zakresie parametrów środowiskowych czujnika wpływ temperatury jest kompensowany na drodze elektronicznej. Należy zadbać, by czujnik nie był narażony na uderzenia oraz wibracje przekraczające amplitudę (międzyszczytową) drgań wynoszącą 0,15 mm dla częstotliwości powyżej 10 Hz. W żadnym wypadku przyspieszenie szczytowe nie powinno przekroczyć wartości $19,6 \text{ m/s}^2$.

5. Podsumowanie

Użytkownicy maszyn górniczych zasilanych z baterii ogniwołówowych uważają, że system wentylacji skrzyni przeciwwybuchowej jest wystarczający, a w jej wnętrzu nie gromadzi się wodór o niebezpiecznym stężeniu. Przeprowadzone badania w warunkach rzeczywistych w kopalni wykazały, że istniejące baterie ogniwołówowych wydzielają w czasie pracy wodór o stężeniu przekraczającym dopuszczalne (określone w normach) wartości. Podobna sytuacja ma również miejsce w trakcie ładowania baterii w ładowni akumulatorów, jednakże to pomieszczenie powinno być odpowiednio wentylowane oraz być wyposażone w stacjonarne czujniki stężenia wodoru lub pomiaru przepływu powietrza.

Zasadne jest zatem, aby doposażyć użytkowane baterie ogniwołówowych, a także wszystkie nowe znajdujące zastosowanie w podziemiach kopalń w system monitoringu, np. zaproponowany w tym artykule. Podstawowymi parametrami mierzonymi przez zaproponowany układ są stężenie wodoru oraz temperatura we wnętrzu skrzyni przeciwwybuchowej. Wysoka temperatura pracy (powyżej 35°C) niekorzystnie wpływa na żywotność ogniwołówowych. Doprowadzenie zaś do temperatury powyżej 45°C grozi rozkładem elektrolitu we wnętrzu ogniwa i nieodwracalnemu uszkodzeniu baterii. Dodatkowo w trakcie rozkładu elektrolitu, do atmosfery również wydzielany jest wodór. Opracowane w ITG KOMAG rozwiązanie, ma za zadanie wspomagać bezpieczne użytkowanie maszyn akumulatorowych a nie ograniczać ich stosowanie. Użytkownik (maszynista) obsługujący górnica maszynę akumulatorową zasilaną z ogniwołówowych będzie otrzymywał informacje na temat wartości stężenia wodoru we wnętrzu baterii i temperatury panującej w otoczeniu ogniwołów. W sytuacji przekroczenia dopuszczalnych wartości mierzonych parametrów, system uniemożliwi dalszą pracę maszyny, aż do czasu ustabilizowania się bezpiecznych warunków pracy we wnętrzu skrzyni baterii ogniwołówowych. Technologie pomiarowe zastosowane w przedmiotowym rozwiązaniu autonomicznego systemu monitorowania parametrów baterii ogniwołówowych zapewniają jego prawidłową i bezpieczną eksploatację. Wybrane technologie pomiarowe, spełniają wszystkie wymagania, jakie konstruktorzy założyli na etapie projektowania. Wszelkie zagrożenia wynikające z zastosowanej technologii, mogące mieć negatywny wpływ na poprawność prowadzonego monitoringu zostały przeanalizowane oraz wyeliminowane na drodze elektronicznej. Należy zaznaczyć, że wybór zastosowanych technologii pomiarowych, wynika z wieloletnich doświadczeń zespołu specjalistów opracowujących autonomiczny system monitorowania parametrów baterii ogniwołówowych.

Literatura

- [1] Juszczak Z.; Kurpiel W.; Polnik B.: Autonomiczny system monitorowania parametrów bezpiecznej pracy ogniwołówowych. *Maszyny Górnicze*, nr 3/2017r. str. 58-64, ISSN 2450-9442.
- [2] Kurpiel W., Miedziński B., Polnik B.: Control of hydrogen concentration in the power supply and control systems of a mining battery locomotive with energy recuperation applied. *Mining Informatics Automation and Electrical Engineering*. 2015 nr 2 s. 42-49 (87-94), ISSN 2449-6421.
- [3] Polnik B.: Jakość energii elektrycznej napędów górniczych lokomotyw akumulatorowych w aspekcie emisji gazu elektrolitycznego. *Maszyny Elektryczne Zeszyty Problemowe*. 2015 nr 106 s. 73-78, ISSN 0239-3646.

- [4] System monitorowania ogniw ołowiowych - Projekt nr POIR.02.03.02-24-0070/15-00 realizowany w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, Poddziałanie 2.3.2 Bony na innowacje dla MSP.
- [5] Autonomiczny system monitoringu parametrów bezpiecznej pracy baterii akumulatorów lokomotywy górniczej - Praca statutowa rok 2015 (materiały niepublikowane).

dr inż. Bartosz Polnik

bpolnik@komag.eu

mgr inż. Wojciech Kurpiel

wkurpiel@komag.eu

Institut Techniki Górniczej KOMAG

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Czy wiesz, że

.....koncepty Przemysłu 4.0 i Internetu rzeczy są obecnie bardzo powszechne jako rozwiązania, które mogą zrewolucjonizować przemysł, zwiększając bowiem możliwości wykorzystania narzędzi i rozwiązań komputerowych do optymalizacji inżynierii produkcji. Dotyczy to również skomplikowanych i złożonych procesów w górnictwie, umożliwiając pozyskanie cennych informacji z danych. Liczba dostawców technologii IoT i narzędzi analitycznych mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle wydobywczym stale rośnie. Do najważniejszych rozwiązań IoT, ułatwiających digitalizację procesów górniczych, można zaliczyć: zastosowanie predykcyjnej analityki, wdrożenie algorytmów sztucznej inteligencji lub uczenia maszynowego, zaawansowaną wizualizację danych, interoperacyjność, przechowywanie danych w czasie rzeczywistym, zdalne zarządzanie urządzeniami górniczymi oraz technologię opartą na chmurze.

Inżynieria Mineralna 2019 nr 1 s. 267-272

Układ sterowania pneumatycznego kołowrotu górniczego

Krzysztof Nieśpiałowski

Pneumatic control system for a mine winch

Streszczenie:

W artykule przedstawiono układ sterowania pneumatycznego kołowrotów przystosowanych do pracy w podziemnych zakładach górniczych. Omówiono funkcje sterowania, w tym: zasilania napędu, sygnalizacji ostrzegawczej i hamowania z uwzględnieniem obowiązujących przepisów i wymagań bezpieczeństwa. Zaprezentowano podstawowe parametry techniczne oraz opisano budowę i zasadę działania układu wraz z możliwością zabudowy w dostępnych na rynku kołowrotach pneumatycznych. Przedstawione sterowanie jest propozycją modernizacji dotychczas stosowanych rozwiązań, nie spełniających obowiązujących przepisów z zakresu stosowania w podziemiach kopalń.

Słowa kluczowe: pneumatyka, kołowrót, układ sterowania

Keywords: pneumatics, winch, control system

Abstract:

Pneumatic control systems for winches adapted for operation in underground mine plants is presented. Control functions including the drive power supply, warning signalization and braking, which meets current safety requirements and regulations are discussed. Main technical parameters are given and the design of the system and principles of its operation together with a possibility of its installation in the pneumatic winches available on the market are described. The presented control system is a suggestion for modernization of the present solutions, which do not meet the current regulation regarding their use in mine undergrounds.

1. Wprowadzenie

Pneumatyka jest dziedziną nauki i techniki, która zajmuje się prawami rządzącymi przepływem sprężonego powietrza - w powszechnym rozumieniu mówi się o technice napędu i sterowania pneumatycznego [3, 4, 5].

Napęd i sterowanie pneumatyczne od dekad odgrywają znaczącą rolę w różnych gałęziach przemysłu, m.in. w górnictwie, budownictwie, kolejnictwie, motoryzacji, farmacji, obróbki skrawaniem. Obecnie, dzięki powszechności i dostępności urządzeń stanowiących źródła energii pneumatycznej, rozwojowi wiedzy w zakresie sterowania tą energią, pneumatyka stosowana jest coraz chętniej [1, 8].

Przykładem zastosowania mogą być kołowroty linowe, które w kopalniach węgla kamiennego ciągle znajdują zastosowanie. Spełniają one funkcję pomocniczą podczas transportu na małych odległościach na drogach poziomych i pochylniach.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano układ sterowania pneumatycznego, przeznaczony do zastosowania w kołowrotach transportu bliskiego, posiadających napęd pneumatyczny. Na rynku polskim są dostępne kołowroty z takim napędem, jednak ich sterowanie odbywa się na drodze elektrycznej, rzadziej hydraulicznej. Wiąże się to z koniecznością zapewnienia dodatkowego źródła zasilania (elektrycznego, bądź hydraulicznego) w rejonie pracy kołowrotu, co jest często utrudnione w wyrobiskach górniczych. Dodatkowym utrudnieniem może być zapewnienie spełnienia wymagań

zasadniczych dla napędów elektrycznych, czy też hydraulicznych, ujętych w dyrektywie Atex. Zastosowanie sterowania pneumatycznego znacznie ułatwia podłączenie i uruchomienie kołowrotu w warunkach wyrobisk kopalnianych, w których bardzo często dostępność sprężonego powietrza jest powszechna.

Podstawowe parametry techniczne opracowanego w ITG KOMAG pneumatycznego układu sterowania kołowrotu przedstawiono w tabeli 1.

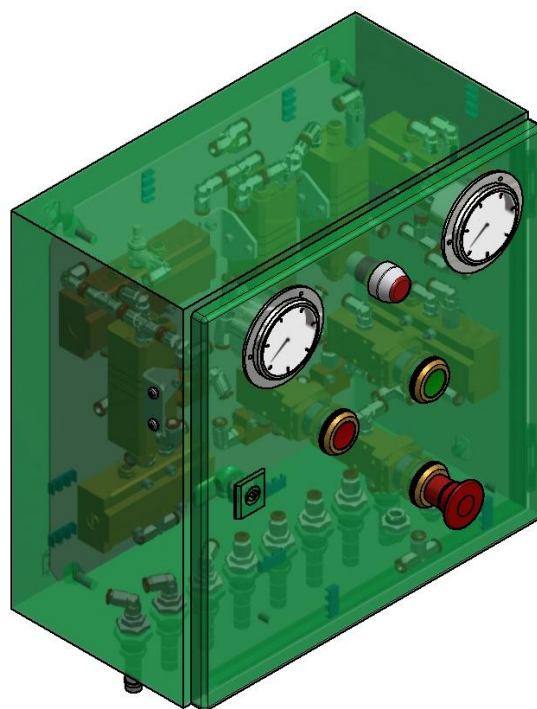
Parametry techniczne układu sterowania kołowrotu [2]

Tabela 1

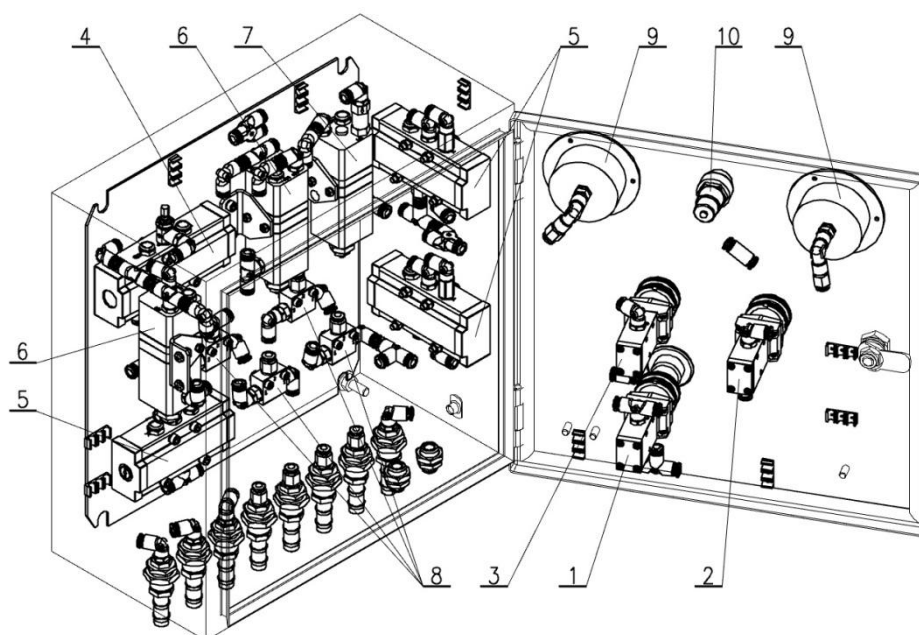
Wymiary szafki sterowniczej	wysokość 400 mm szerokość 400 mm głębokość 210 mm
Ciśnienie zasilania	0,4 ÷ 0,6 MPa
Średnica przyłącza zasilania	10 ÷ 60 mm (zależne od wielkości silnika pneumatycznego)
Średnica przyłącza sterowania	4 ÷ 6 mm
Układ hamulcowy	ręczny z pneumatycznym sprzęgłem i kontrolą zużycia okładzin
Czas trwania sygnału ostrzegawczego	min. 5 s
Czas kontroli odhamowania	max. 5 s

2. Budowa układu sterowania

Układ sterowania zbudowano w oparciu o podzespoły pneumatyczne dostosowane do pracy w podziemnych zakładach górniczych. Elementy zespołu sterowania (zawory rozdzielające, przekaźniki czasowe, manometry i przyciski sterujące) zamontowano w szafce sterowniczej, wykonanej ze stali nierdzewnej. Szafkę tę pokazano na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Szafka sterownicza – model 3D [2]



Rys. 2. Szafka sterownicza – komponenty [2]:

- 1- przycisk awaryjny; 2-przycisk zatrzymania; 3 - przycisk uruchomienia; 4-zawór rozdzielający 5/2;
5-zawór rozdzielający 3/2; 6-przełącznik czasowy; 7-przełącznik czasowy (opóźniacz); 8-przełącznik obiegu;
9-manometr; 10-wskaźnik optyczny

Wszystkie podzespoły szafki sterowniczej wyposażono w mosiężne łączniki wtykowe, co umożliwia szybkie i szczelne połączenie podzespołów przewodami wykonanymi z tworzywa sztucznego. Elementy pneumatyczne znajdujące się poza szafką, połączono przewodami elastycznymi, zakładanymi na króćce stalowe i zabezpieczono opaskami zaciskowymi.

W układzie sterowania wykorzystano zawory rozdzielające (rys. 3), służące do zmiany kierunku przepływu sprężonego powietrza lub do odcinania jego przepływu. Ze względu na typ sterowania, w układzie zastosowano zarówno zawory ze sterowaniem pneumatycznym, jak i mechanicznym. Umożliwiło to sprecyzowanie liczby dróg i położenia suwaków w zaworach oraz pozwoliło na dobranie właściwych zaworów sterujących.



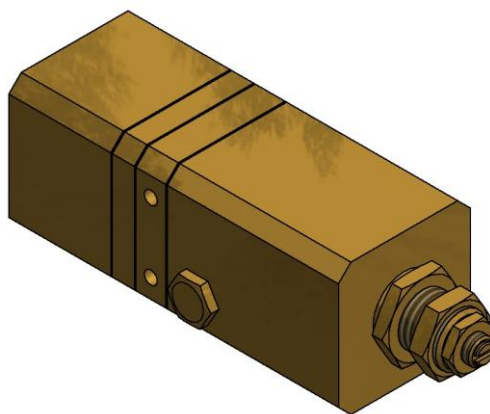
Rys. 3. Zawór rozdzielający sterowany pneumatycznie [9]

Jako pomocnicze zawory rozdzielające, sterowane przyciskami, zastosowano zawory firmy CPP Prema (rys. 4). Zawory zabudowano w drzwiach szafki sterowniczej i w zależności od realizowanej funkcji, różnią się kształtem i kolorem przycisku. Umożliwiają one uruchomienie lub zatrzymanie kołowrotu, łącznie z zatrzymaniem awaryjnym.



Rys. 4. Pomocniczy zawór rozdzielający [9]

W układzie sterowania zastosowano dwa typy przekaźników czasowych. Przekaznik pierwszego typu służy do ustalenia długości czasu sygnału dźwiękowego, nadawanego bezpośrednio przed uruchomieniem silnika kołowrotu. Przekaznik tego typu zastosowano również do nastawiania czasu (max. 5 sekund) następującego bezpośrednio po zakończeniu sygnału dźwiękowego, w którym należy nacisnąć dźwignię hamulca bębna linowego kołowrotu. Drugi typ przekaźnika opróżnia zbiornik i odpowiada za czas, w którym, po otrzymaniu sygnału zatrzymującego pracę kołowrotu, następuje całkowite rozładowanie ciśnienia w całym układzie sterowania. Wygląd zewnętrzny obu typów przekaźników jest identyczny, co przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Przełącznik czasowy z nastawialnym czasem napełniania (opróżniania) zbiornika – model 3D [9]

Dodatkowymi elementami układu sterowania są m.in. przełączniki obiegu (rys. 6), które generują sygnał pneumatyczny jeżeli zaistnieje jeden z dwóch wejściowych sygnałów sterujących oraz pneumatyczny wskaźnik optyczny (rys. 7), służący do sygnalizacji pojawienia się ciśnienia poprzez wysunięcie czerwonej tulejki (zwykle niewidocznej) w korpusie. W układzie sterowania wskaźnik służy do sygnalizacji konieczności wymiany okładzin hamulca bębna linowego.



Rys. 6. Przełącznik obiegu [9]



Rys. 7. Pneumatyczny wskaźnik optyczny [10]

Poza elementami sterującymi pracą kołowrotu, na linii od źródła zasilania do silnika napędowego, zastosowano również: zawór bezpieczeństwa, zawory odcinające, smarownicę z filtrem, zawór zmiany kierunku obrotów i silnik pneumatyczny (rys. 8). Dodatkowo, kołowrót wyposażono w syrenę sygnalizacyjną (rys. 9) oraz pneumatyczny układ blokady układu hamulcowego.

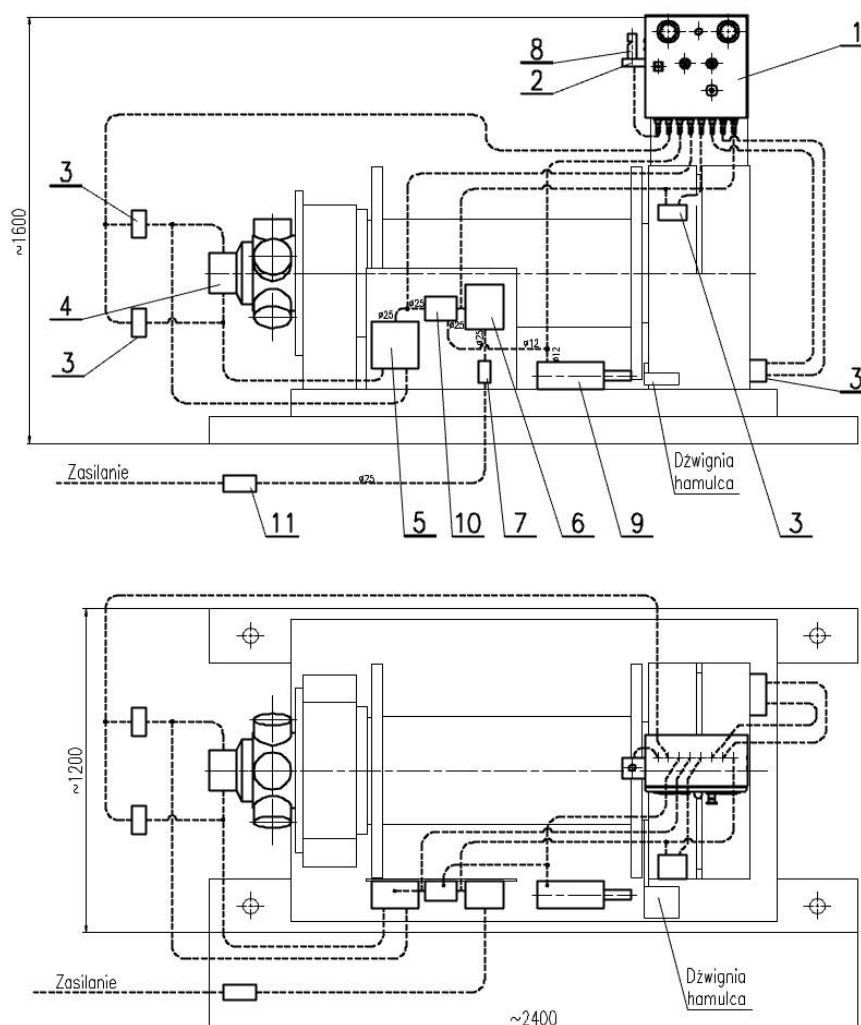


Rys. 8. Silnik pneumatyczny [7]



Rys. 9. Syrena sygnalizacyjna [7]

Na rysunku 10 pokazano rozmieszczenie podzespołów pneumatycznego układu sterowania w kołowrocie.



Rys. 10. Rozmieszczenie podzespołów układu sterowania pneumatycznego w kołowrocie [2]
 1-szafka sterownicza; 2-zawór rozdzielający; 3-zawór krańcowy; 4-silnik pneumatyczny;
 5-zawór zmiany kierunku obrotów; 6-smarownica z filtrem; 7-ręczny zawór odcinający;
 8-syrena sygnalizacyjna; 9-siłownik układu hamulcowego; 10-pneumatyczny zawór odcinający;
 11-zawór bezpieczeństwa

3. Zasada działania układu sterowania

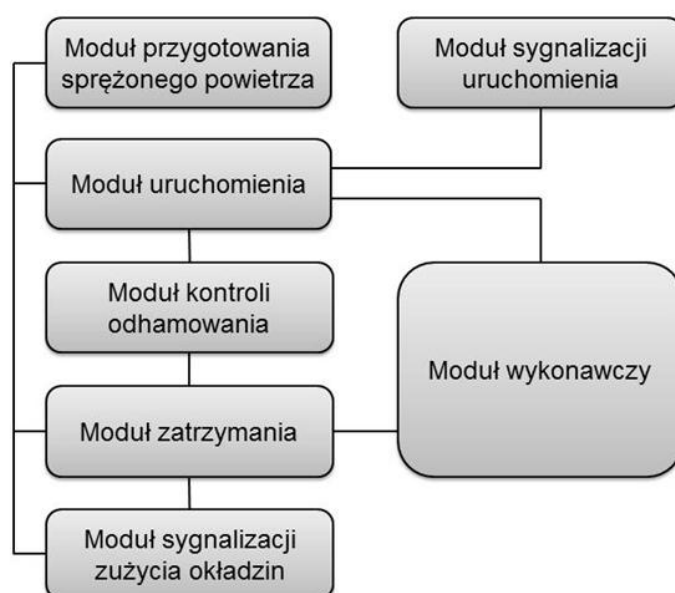
Układ sterowania jest elementem automatyzacji pracy kołowrotów z napędem pneumatycznym. Automatyzacja obejmuje:

- przesyłanie sygnałów sterujących do układu zasilania silnika pneumatycznego,
- nadawanie sygnału dźwiękowego przed uruchomieniem silnika,
- kontrolę czasu uruchomienia układu hamulcowego,
- kontrolę ciśnienia zasilania,
- kontrolę i sygnalizację zużycia okładzin hamulcowych,
- kontrolę minimalnej i maksymalnej długości liny na bębnie.

Ze względu na zastosowanie kołowrotu w typowych, pomocniczych pracach transportowych, automatyzacja nie obejmuje samoczynnej regulacji prędkości rozwijania i nawijania liny na bęben. Zmiana kierunku obrotów bębna, w razie konieczności zmiany kierunku ruchu elementu transportowanego, wykonywana jest ręcznie. Praca kołowrotu wymaga ciągłego wywierania nacisku na dźwignię hamulca. Po zwolnieniu dźwigni hamulca następuje zatrzymanie kołowrotu.

Schemat blokowy układu sterowania podzielono na następujące moduły (rys. 11):

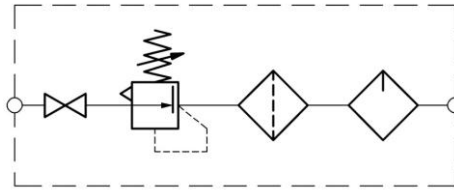
- przygotowania sprężonego powietrza,
- uruchomienia,
- zatrzymania,
- sygnalizacji uruchomienia,
- sygnalizacji zużycia okładzin hamulcowych,
- kontroli odhamowania,
- wykonawczy.



Rys. 11. Schemat blokowy układu sterowania [2]

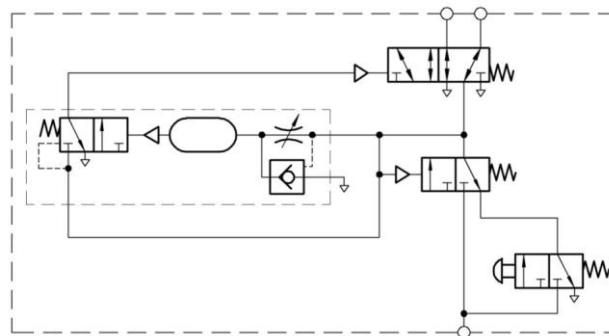
Przygotowanie układu sterowania pneumatycznego do pracy rozpoczyna się od otwarcia zaworu kulowego, znajdującego się przed zaworem redukcyjnym, filtrem i smarownicą

powietrza. Elementy te znajdują się w linii głównego zasilania, w module przygotowania sprężonego powietrza (rys. 12).



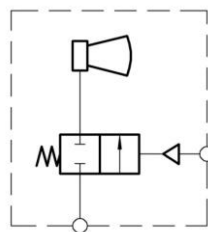
Rys. 12. Moduł przygotowania sprężonego powietrza [2]

W celu rozpoczęcia pracy kołowrotu należy w module uruchomienia (rys. 13) nacisnąć przycisk zabudowany w drzwiach szafki sterowniczej. Sprężone powietrze przesteruje zawór odpowiadający za podtrzymanie sygnału z przycisku uruchomienia, przez co sygnał ten staje się sygnałem impulsowym. Zawór ten odpowiada również za zablokowanie samoczynnego uruchomienia kołowrotu na skutek powrotu energii zasilającej, po jej wcześniejszym zaniku.



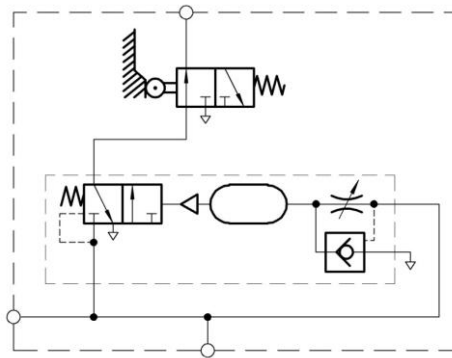
Rys. 13. Moduł uruchomienia [2]

Przepływ sprężonego powietrza do modułu sygnalizacji uruchomienia (rys. 14) powoduje nadanie ostrzegawczego sygnału dźwiękowego. Czas trwania sygnału uzależniony jest od nastawy przełącznika czasowego w module uruchomienia. Zadziałanie przełącznika skutkuje przesterowaniem zaworu rozdzielającego 5/2 i zakończeniem nadawania sygnału ostrzegawczego.



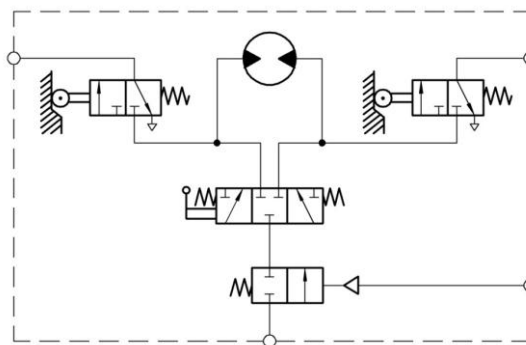
Rys. 14. Moduł sygnalizacji uruchomienia [2]

Następnie, sprężone powietrze kierowane jest do układu hamulca bębna kołowrotu, powodując zasprężenie mechanicznego układu hamulcowego. Jednocześnie zasilany jest moduł kontroli odhamowania (rys. 15). W celu uruchomienia silnika należy, przed upływem zadanego w module czasu, nacisnąć dźwignię hamulca. Jeżeli po upływie tego czasu dźwignia nie zostanie naciśnięta, przełącznik czasowy poda sygnał pneumatyczny do zaworu kontrolującego położenie dźwigni, co spowoduje wyłączenie układu sterowania.



Rys. 15. Moduł kontroli odhamowania [2]

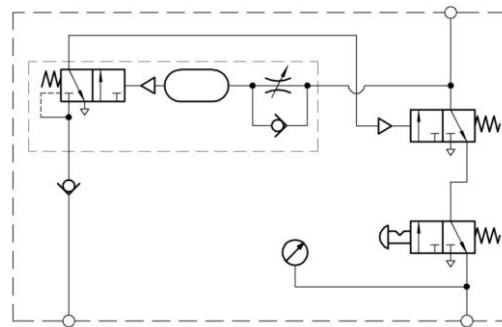
Przed uruchomieniem kołowrotu, w module wykonawczym (rys. 16) należy przełączyć dźwignię rozdzielacza sterującego kierunkiem obrotów silnika i bębna linowego (nawijanie lub odwijanie liny). W czasie procedury uruchamiania, bezpośrednio po zakończeniu sygnału ostrzegawczego, przesterowany zostaje zawór, umożliwiający przepływ sprężonego powietrza do silnika napędowego. Przeniesienie napędu z silnika na bęben linowy następuje dopiero po mechanicznym odhamowaniu bębna. W module wykonawczym umieszczono dwa zawory krańcowe, służące do określenia minimalnej i maksymalnej długości liny na bębnie. Zadziałanie jednego z nich skutkuje możliwością uruchomienia kołowrotu tylko w stronę przeciwną. Każdorazowa zmiana kierunku obrotów bębna linowego wiąże się z koniecznością wyłączenia i ponownego uruchomienia kołowrotu, a tym samym nadaniem nowego sygnału ostrzegawczego.



Rys. 16. Moduł kontroli odhamowania [2]

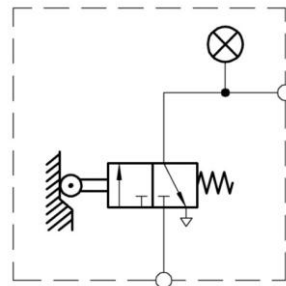
W celu zakończenia pracy kołowrotu układ wyposażono w moduł zatrzymania (rys. 17), który odpowiada za odcięcie zasilania w układzie napędu i sterowania. Głównym elementem układu jest zawór sterowany przekaźnikiem czasowym. Sygnał wyłączenia kołowrotu podtrzymywany jest przez przekaźnik przez ok. 3 sekundy, co umożliwia całkowite rozładowanie ciśnienia w układzie. Zatrzymanie kołowrotu może nastąpić gdy:

- zwolniony jest nacisk na dźwignię hamulca bębna - uaktywnienie zaworu kontrolującego położenie dźwigni,
- uaktywniony jest jeden z zaworów krańcowych kontrolujących minimalną i maksymalną długość liny,
- nastąpił spadek ciśnienia zasilania poniżej 0,4 MPa,
- uszkodzony został obwód sterowania pneumatycznego,
- naciśnięto przycisk awaryjny.



Rys. 17. Moduł zatrzymania [2]

Dodatkowym elementem zatrzymującym pracę kołowrotu jest moduł sygnalizacji zużycia okładzin hamulca (rys. 18). W module znajduje się zawór krańcowy, mechanicznie połączony z układem hamulcowym, kontrolujący zużycie okładzin. Gdy grubość okładzin osiągnie wartość minimalną następuje uruchomienie optycznego wskaźnika i zablokowanie możliwości uruchomienia kołowrotu do czasu wymiany okładzin na nowe.



Rys. 18. Moduł sygnalizacji zużycia okładzin [2]

4. Podsumowanie

Układ sterowania pneumatycznego kołowrotem spełnia potrzeby użytkowników. Budowa układu wymagała zastosowania szeregu niestandardowych rozwiązań, które zapewniają trwałość i niezawodność działania w trudnych warunkach panujących w podziemiach kopalń.

Układ sterowania posiada szereg funkcji, takich jak: przesyłanie sygnałów sterujących do podzespołów silnika napędowego, nadawanie sygnału dźwiękowego przed uruchomieniem silnika, kontrola czasu uruchomienia układu hamulcowego, kontrola ciśnienia zasilania, kontrola i sygnalizacja zużycia okładzin hamulcowych, kontrola minimalnej i maksymalnej długości liny na bębnie.

Opracowany układ stanowi alternatywę dla istniejących układów sterowania: elektrycznego i hydraulicznego. Zastosowanie sprężonego powietrza, zarówno do napędu jak i sterowania eliminuje konieczność zapewnienia dodatkowego źródła zasilania elektrycznego oraz ułatwia podłączenie i uruchomienie kołowrotu w miejscu pracy. Należy jednak pamiętać, że w układach pneumatycznych, podczas wypływu medium roboczego, generowany jest stosunkowo duży hałas [6]. Takie zjawisko nie występuje w układach sterowania elektrycznego, jak również hydraulicznego.

Literatura

- [1] Hućcio T. i inni: *Napędy i sterowanie pneumatyczne*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.

- [2] Jasiulek T. i inni: Projekt wstępny układu sterowania pneumatycznego kołowrotu. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały niepublikowane).
- [3] Szenajch W.: Napęd i sterowanie pneumatyczne. WNT Warszawa 2014.
- [4] www.automatyka.wo.agh.edu.pl/pl/2015_2016/elementy_i_uk%C5%82ady_sterowania_pneumatycznego.pdf (14-05-2019)
- [5] www.automatyka.wo.agh.edu.pl/pl/pneumatyka_prezentacja.pdf (14-05-2019)
- [6] www.industrial-monitor.pl/artykuly/780-pneumatyczne-uklady-napedowe-i-sterujace-charakterystyka-i-zastosowania (14-05-2019)
- [7] www.niwka.pl katalog kołowrotów dla górnictwa firmy FMG Niwka (07-05-2019)
- [8] www.piopawelko.zut.edu.pl/fileadmin/NEHIP/skrypt_podstawy.pdf (15-05-2019)
- [9] www.prema.pl (08-05-2019)
- [10] www.stasto.eu (13-05-2019)

dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski
kniespialowski@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
 ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Czy wiesz, że

.....ogromna większość istniejących obecnie mobilnych urządzeń przeróbczych to kruszarki. Istnieje jednak wiele innych rodzajów urządzeń do rozdrabniania i wzbogacania, które z łatwością mogą być wykorzystane w tworzeniu zintegrowanych mobilnych zakładów przeróbczych. Wiodącą rolę w tej dziedzinie odgrywa firma Atlas Copco ze swoimi modelami kruszarek szczękowych współpracujących z mobilnymi przesiewaczami wibracyjnymi. Duńska firma FLSmidth dostarcza na rynek nowoczesne instalacje klasyfikacji nadawy, których poszczególne segmenty umieszczone są w standardowych kontenerach, co ułatwia tworzenie instalacji o różnych konfiguracjach zależnych od wymagań planowanego procesu przeróbczego. Amerykańska firma Joy Global Inc. oferuje kruszarki wyposażone w młotkowe łamacze skały, będące rozwiązaniem nietypowym w istniejących urządzeniach mobilnych. Oferta firmy Metso z Finlandii obejmuje kruszarki połączone z mobilnym systemem przenośnikowym IPCC. Szwedzki Sandvik dostarcza kruszarki, do których mogą być dołączone przesiewacze trójpokładowe na wspólnej platformie mobilnej. Do ważnych graczy na rynku zintegrowanych mobilnych zakładów przeróbczych należą również firmy: ThyssenKrupp, Wirtgen Group, Kleemann, BHS-Sonthofen, Maschinnenfabrik Kopperrn GmbH & Co. KG, TAKRAF, Terex, Parker Plant, Hewitt Robins. Oferowane obecnie instalacje mobilne obejmują także młyny, urządzenia do wstępnej klasyfikacji poprzedzającej wzbogacanie, zagęszczacze, flotowniki, separatory magnetyczne oraz urządzenia do odwadniania.

AT Mineral Processing 2019 nr 5 s.53-71

Techniczne i efektywnościowe aspekty wykorzystania metanu ze zlikwidowanych kopalń

Stanisław Trenczek
Eugeniusz Krause

Technical and efficiency aspects of the use of methane from liquidated mines

Streszczenie:

Na wstępie przypomniano główne czynniki występujące w zanieczyszczonym powietrzu atmosferycznym oraz ich powiązanie ze sposobami produkcji energii. Omówiono różne źródła energii w aspekcie technologii produkcji energii, z uwzględnieniem pierwotnych źródeł energii. Przedstawiono podejmowane w Polsce dwa główne działania na rzecz poprawy jakości powietrza atmosferycznego: Program Czyste Powietrze, zakładający dopłatę do wymienianych indywidualnie użytkowanych kotłów węglowych na ekologiczne lub na ogrzewanie gazowe, oraz Politykę Energetyczną Polski do 2040 roku, która zakłada stopniowe zmniejszanie udziału węgla kamiennego i węgla brunatnego w systemowej produkcji energii. Opisano metan, jako kopalinę towarzyszącą pokładom węgla, oraz sposoby jego ujmowania i zagospodarowania. Na przykładzie przeprowadzonych badań pokazano, jakie znaczenie ma rozpoznanie zasobów i dynamiki złoża w planowaniu ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji złoża z kopalń zlikwidowanych. Na koniec wyrażono nadzieję, że z uwagi na dalszy proces restrukturyzacji efektywnościowej polskiego górnictwa, wzrastać będzie znaczenie zagospodarowywania metanu z likwidowanych kopalń jako proekologicznego źródła energii.

Słowa kluczowe: metan, czysta energia, dynamika złoża metanu

Keywords: methane, pure energy, dynamics of the methane deposit

Abstract:

At the beginning discussed the main factors occurring in polluted atmospheric air and their connection with the methods of energy production. Various energy sources in the aspect of energy production technologies, including primary energy sources, have been discussed. The main two actions taken to improve the quality of atmospheric air in Poland are presented: Clean Air Program, assuming a subsidy for individually-used coal boilers for ecological or for gas heating, and the Polish Energy Policy until 2040, which assumes a gradual reduction in the share of hard coal and lignite in systemic energy production. Methane has been described as a mineral accompanying coal seams as well as ways of its recognition and management. The example of the conducted research shows the significance of resource recognition and dynamics of the deposit in planning the economically justified exploitation of the deposit from the closed mines. Finally, it was hoped that due to the further process of efficiency restructuring of the Polish mining industry, the importance of managing methane from closed mines as a green energy source will increase.

1. Wprowadzenie

W Polsce, do końca lat osiemdziesiątych ub. wieku proces likwidacji kopalń prowadzony był zwykle w związku z szcerpaniem złoża węgla na obszarze górniczym, konkretnych kopalń. Zazwyczaj pokłady węgla w takich kopalniach zalegały stosunkowo płytko, a z uwagi na przepuszczalność nadkładu były to głównie pokłady niemetanowe.

Restrukturyzacja polskiego górnictwa pod kątem efektywnościowym, mająca miejsce w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych ub. w. spowodowała, że zlikwidowano wiele kopalń z niewyeksplotowanymi do końca pokładami, które dosyć często zawierały znaczące ilości metanu. Tempo, a także ówczesne przesłanki restrukturyzacji nie uwzględniały takiego

sposobu likwidacji kopalń, który w przyszłości umożliwiałby racjonalne, efektywne i łatwe wydobywanie z nich metanu.

Sens wykorzystania metanu ze złóż zlikwidowanych kopalń wrócił na początku drugiej dekady XXI w., gdy na znaczeniu wzrosła ochrona środowiska, w tym walka ze smogiem. W Polsce, konieczność podejmowania takich działań potwierdza m.in. kontrola przeprowadzona przez Najwyższą Izbę Kontroli [10], z której wynika, że główną przyczyną niedostatecznej jakości powietrza w Polsce jest emisja pyłów zawieszonych i benzo(a)pirenu z domowych pieców i lokalnych kotłowni węglowych. Stężenia benzo(a)pirenu, które maksymalnie powinny wynosić według norm WHO (Światowej Organizacji Zdrowia) 1 ng/m^3 powietrza, są w Polsce przekroczone ponad ośmiokrotnie. Stąd też, rząd Rzeczypospolitej Polskiej zachęca do wymiany starych kotłów na bardziej ekologiczne, a także ocieplanie domów w ramach Programu Czyste Powietrze [9]. Wymiana palenisk i termomodernizacja domów mają na celu poprawę efektywności energetycznej budynków jednorodzinnych i zmniejszenie emisji pyłów do atmosfery. Jednakże z uwagi na to, że ochronie środowiska nie sprzyja wytwarzanie energii z kopalni stałych, ważne są też działania zmierzające do ograniczenia emisji pyłów powstających przede wszystkim w tzw. energetyce systemowej, która oparta jest na węglu kamiennym i węglu brunatnym. Stąd też podejmowane są działania mające na celu odchodzenie od wytwarzania energii z tych surowców, poprzez zwiększenie udziału energii proekologicznych, w tym wytwarzanej z gazu ziemnego i wykorzystującej energię jądrową [8]. Ponieważ metan należy do grupy tzw. paliw czystych, dlatego warto również wykorzystywać go do produkcji energii nawet w niewielkiej skali.

2. Proekologiczne źródła energii

Wraz z rozwojem nauki, techniki i technologii coraz częściej do produkcji energii wykorzystuje się rozwiązania wykorzystujące podstawowe źródła energii występujące na Ziemi, jak słońce, woda, czy wiatr, czyli tzw. źródła odnawialne [6] – tabela 1.

Zestawienie technologii wytwarzania energii

Tabela 1

Rodzaj wytwarzanej energii	Technologia wytwarzania energii	Pierwotne źródło energii
elektryczna	elektrownie wodne	woda
	elektrownie falowe	wiatr
	elektrownie wykorzystujące prądy oceaniczne	słońce – nagrzewanie wód oceanów, ziemi, atmosfery
	fotowoltaika i elektrownie słoneczne	słońce – promieniowanie słoneczne
	elektrownie pływowe	grawitacja – pływy wód związane z fazą księżyca
ciepła	pompy ciepła	słońce – promieniowanie słoneczne
	kolektory i ciepłe elektrownie słoneczne	
elektryczna i ciepła	elektrownie wiatrowe	wiatr
	elektrociepłownie	słońce – biomasa
		ziemia – źródła geotermalne

Jak już wspomniano wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w Polsce realizowane jest głównie przez dużych, instytucjonalnych dostawców, którzy w 2017 r. zużyli do produkcji energii [2] ok. 74,6 mln ton węgla, przy czym w sektorze energii było to 59,6% zużycia, (elektrownie, elektrociepłownie, ciepłownie i kotły ciepłownicze energetyki zawodowej), a w przemyśle i budownictwie – 23,6%. Dużym konsumentem węgla były także gospodarstwa domowe – 13,7%. Z kolei zużycie gazu ziemnego (bez uwzględnienia zużycia na potrzeby technologiczne sektora gazowniczego) wyniosło w 2017 r. to 628,5 PJ.

W Polsce, jak powszechnie wiadomo, w wytwarzaniu energii elektrycznej znaczący jest udział węgla, i to od wielu lat. W 2016 roku wyniósł on 46,4% r. w przypadku węgla kamiennego, a 30,6% w przypadku węgla brunatnego. Dużo mniejsze udziały w wytwarzaniu energii elektrycznej mają wiatr – 8,7%, paliwa gazowe – 5,7%, czy biomasa – 3,1%, a także pozostałe nośniki – 5,2%. Jednak w latach 1999-2017 daje się zauważyć trend zmian w proporcjach udziału poszczególnych źródeł energii [3].

Szczególnie istotne jest odchodzenie od wytwarzania energii z węgla kamiennego i węgla brunatnego [1] na rzecz zwiększenia udziału energii proekologicznych. Pierwsze, ale też i znaczące tego rezultaty mają być odczuwalne do roku 2040, co znalazło wyraz w dokumencie „Polityka Energetyczna Polski do roku 2040” (PEP2040) [8]. Jest to strategia wyznaczająca kierunki rozwoju sektora energii – z uwzględnieniem zadań niezbędnych do realizacji w perspektywie krótkookresowej – w pełnej zgodności z dokumentami strategicznymi Unii Europejskiej. Zawarte w niej dane prognostyczne są wynikiem modelowania optymalizacyjnego kształtu bilansu elektroenergetycznego do roku 2040. Uwzględnia się w nich wzrost zainstalowanej mocy netto z ok. 40 GW do 72,6 GW w 2040 roku oraz wzrost produkcji energii elektrycznej z ok. 165 TWh do 232 TWh w 2040 roku. Słusznie przy tym PEP2040 zakłada, że niemożliwością jest całkowite odejście od kopalnych źródeł energii, możliwa jest natomiast, optymalizacja wykorzystania własnych zasobów energetycznych, opartych na racjonalnym wykorzystaniu zasobów energetycznych, tj. węgla kamiennego, węgla brunatnego, gazu ziemnego, ropy naftowej oraz biomasy i odpadów nierolniczych. Wszystko to ma zapewnić m.in. rentowność sektora wydobywczego, racjonalną eksploatację, wykorzystującą innowacje w wydobywaniu i wykorzystaniu surowców. Ale sama produkcja energii elektrycznej nie wyczerpuje zagadnienia rozwoju tej gałęzi przemysłu. Istotna jest też konieczność rozbudowy infrastruktury wytwórczej i sieciowej energii elektrycznej. Razem, działania te mają na celu pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną mocami wytwórczymi, w tym m.in. własnymi mocami innymi niż konwencjonalne węglowe, i to w sposób stabilny, elastyczny i ekologiczny.

Podsumowując PEP2040 można stwierdzić, że przywiązuje on dużą wagę do;

- wdrożenia energetyki jądrowej, mającego na celu przede wszystkim obniżenie emisyjności sektora energetycznego oraz bezpieczeństwo pracy systemu – uruchomienie pierwszego bloku jądrowego o mocy 1-1,5 GW przewidywane jest do 2033 r., a kolejne pięć – do 2043 r. (łącznie ok. 6-9 GW),
- rozwoju odnawialnych źródeł energii, mającego na celu obniżenie emisyjności sektora energetycznego oraz dywersyfikację wytwarzania energii – przewiduje się udział 21% OZE w finalnym zużyciu energii brutto w 2030 r.,
- rozwoju ciepłownictwa i kogeneracji, mającego na celu zapewnienie powszechnego dostępu do ciepła oraz niskoemisyjne wytwarzanie ciepła w całym kraju, poprzez ciepłownictwo systemowe i ciepłownictwo indywidualne.

Szczególnie ten ostatni temat – rozwój kogeneracji daje szansę na zwiększenie zakresu działań związanych z pozyskiwaniem metanu z jego naturalnych źródeł, w tym źródeł węgla, i jego gospodarczym wykorzystaniu.

3. Wykorzystanie metanu do produkcji energii

Od pewnego czasu w Polsce, do produkcji energii – chociaż w niewielkiej skali – wykorzystywany jest metan, będący kopaliną towarzyszącą pokładom węgla. Ponieważ występować on może w różnych miejscach, różne są sposoby jego wydobywania, pozyskiwania, ujmowania. W przypadku metanu związanego z pokładami węgla rozróżnia się [4]:

- metan pochodzący z pokładów węgla nienaruszonych eksploatacją górniczą, czyli tzw. Coal Bed Methane (CBM), który pozyskiwany jest przed rozpoczęciem eksploatacji danego pokładu,
- metan pochodzący z pokładów węgla naruszanych eksploatacją, uwalniany do wyrobisk górniczych podczas eksploatacji węgla kamiennego, tj. tzw. Coal Mine Methane (CMM), który częściowo ujmowany jest odmetanowaniem złoża, a częściowo jest uwalniany do powietrza wentylacyjnego (Ventilation Air Methane – VAM),
- metan pochodzący z pokładów węgla, uwalniany po zakończeniu ich eksploatacji do wyrobisk górniczych, tzw. Abandoned Mine Methane (AMM), znajdujących się na terenach zlikwidowanych kopalń.

Bardzo niska przepuszczalność węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego powoduje, że metanu nie ujmuje się w fazie przedeksploatacyjnej (CBM), choć próby nad efektywnym ujmowaniem takiego metanu są prowadzone. Stosunkowo dużo ujmuje się za to metanu w fazie eksploatacyjnej i poeksploatacyjnej (CMM). Dane Agencji Rozwoju Przemysłu [14] pokazują, że coraz większa ilość wydzielonego metanu (CMM) zostaje ujęta przez powierzchniowe stacje odmetanowania. W 2016 r. ujęto ok. 346,6 mln m³ metanu. Około 13% (47,6 mln m³) z tej ilości zostaje zużyta na potrzeby własne przez przedsiębiorstwa górnicze do produkcji energii: elektrycznej – wyprodukowano ponad 270,3 tys. MWh prądu – i cieplnej – wyprodukowano prawie 760,3 tys. GJ ciepła.

Wydobywany ze zlikwidowanych kopalń gaz zostaje zwykle zagospodarowany bądź bezpośrednio przez zakład wydobywający metan, bądź po przekazaniu przedsiębiorcy, który zajmuje się wytwarzaniem energii w agregatach kogeneracyjnych. Z uwagi na to, że produkcja energii z metanu pozyskiwanego ze zlikwidowanych kopalń jest znikoma, nie jest uwzględniana w tych statystykach. Tym nie mniej wzrasta zainteresowanie takim pozyskiwaniem metanu – dość powiedzieć, że w 2012 r. funkcjonowały w Polsce dwa zakłady górnicze eksploatujące AMM, a w 2017 r. już trzy.

Ponadto prowadzone są prace poszukiwawcze i rozpoznawcze źródeł metanu z pokładów węgla kamiennego. Minister Środowiska udzielił na nie osiem koncesji, zainteresowanie kolejnymi rośnie. Głównie dlatego, że w przeciwieństwie do lat dziewięćdziesiątych ub. wieku, kiedy to w okresie intensywnej restrukturyzacji polskiego górnictwa, nie było wizji wykorzystania metanu po zlikwidowaniu kopalń. Teraz na to zagadnienie zwraca się już uwagę na etapie planowania likwidacji kopalni. Jest więc szansa na wypracowanie systemowych rozwiązań ujmowania gazu AMM, co wydaje się ze wszech miar uzasadnione, gdyż liczba kopalń przewidzianych do likwidacji będzie się stale zwiększać. Służyć temu

będzie wspomniany zapis w PEP2040, odnoszący się do metanu, który spowoduje zapewne, że zainteresowanie gazem AMM jeszcze bardziej się zwiększy. Służy temu również zmiana ustawy o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego oraz ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw, wprowadzająca rozwiązania ułatwiające zagospodarowanie metanu pozyskiwanego ze złoża węgla kamiennego w ramach likwidowanego zakładu górniczego lub jego oznaczonej części [7]. Ułatwia to pozyskiwanie metanu z pokładów węgla (jako kopaliny towarzyszącej) kopalń likwidowanych, przez co przedsiębiorstwo górnicze zajmujące się likwidacją kopalń, nie musi mieć koncesji węglowodorowej na pozyskiwanie metanu z likwidowanych zakładów górniczych lub ich oznaczonych części. Ułatwi to zagospodarowanie metanu, a jednocześnie zapewni bezpieczeństwo sąsiednim kopalniom i środowisku.

4. Geologiczno-techniczne aspekty wydobywania metanu

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń można stwierdzić, że najlepszym sposobem zagospodarowania AMM jest produkcja energii w agregatach kogeneracyjnych (rys. 1), które są wysoce wyspecjalizowanymi urządzeniami skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła. Jest to połączenie silnika spalinowego, generatora, zestawu wymienników ciepła i systemu sterowania. W dobie tak rozwiniętej elektroniki, sterowanie wydobywaniem metanu, czy też kontrolowanie agregatu może być prowadzone (oprócz lokalnego) zdalnie, za pomocą komputera lub telefonu komórkowego.



Rys. 1. Widok agregatu kogeneracyjnego [5]

Największą korzyścią z zastosowania kogeneracji jest to, że jest ona zdolna do wyprodukowania takiej ilości energii, jaka jest potrzebna w danej chwili. Z tego też powodu kogeneracja jest czasem określana jako sterowane źródło energii.

Produkcja energii w agregatach kogeneracyjnych na bazie gazu AMM musi być jednak produkcją ekonomicznie uzasadnioną, na co wpływ ma wiele czynników. Jednym z nich, jest czasokres potencjalnego efektywnego wydobywania metanu z konkretnego złoża.

Planowanie produkcji energii w agregatach kogeneracyjnych oparte jest na wielu danych – dotyczących zarówno parametrów pracy agregatu kogeneracyjnego, jak i parametrów charakteryzujących dane złożo metanu. Dla przykładu, jeśli wydobywany metan byłby spalany w silniku typu ENGINE Caterpillar 3516 1,136 MW (rys. 2), to uwzględnić trzeba jego optymalne parametry wydajnościowe – spalanie $5 \text{ m}^3/\text{min}$ gazu o stężeniu 100% CH₄ – oraz graniczne tolerowalne parametry wydajnościowe – spalanie $15 \text{ m}^3/\text{min}$ gazu o stężeniu minimum 33% CH₄, a także optymalny ekonomicznie czas pracy silnika – min. 8 400 h/rok.

Parametry te – jak widać – stawiają odpowiednie wymagania zasobom metanu w złożu, przy czym istotniejsze od zasobów przemysłowych są zasoby eksploatacyjne, rozumiane jako 67% zasobów przemysłowych. Tylko tyle zasobów, z uwagi na ograniczenia względem stężenia minimalnego metanu, możliwe jest do wykorzystania w silniku spalinowym w ciągłej, bezpiecznej jego pracy [13].



Rys. 2. Widok silnika ENGINE Caterpillar 3516 [11]

5. Badania dynamiki złoża metanu dla efektywnego wykorzystania agregatu kogeneracyjnego

Całość przedsięwzięcia zaczyna się od planowania produkcji energii w agregatach kogeneracyjnych pod kątem odpowiedniego modelu biznesowego efektywnej eksploatacji złoża metanu AMM. Można bowiem złożo szarpać ekstensywnie – z zastosowaniem dwóch lub więcej agregatów, w krótkim okresie czasu, przy wyższych kosztach stałych, a można w sposób stabilny – długookresowy, realizowany jednym agregatem, przy niższych kosztach stałych. Żeby jednak tego typu rozważania prowadzić, należy złożo metanu rozpoznać także pod względem dynamiki.

Zdecydowana większość złóż metanu w kopalniach zlikwidowanych posiada cechy kolektora gazu, charakteryzującego się występowaniem wyrobisk górniczych – niektórych nawet o gabarytach zbliżonych do pierwotnych, także wyrobisk pozaciskanych, jak i złoża węgla generującego metan. Z jednej strony następuje odpływ gazu z kolektora, związany z wydobyciem metanu, a z drugiej dopływ gazu, związany z adsorpcją metanu z węgla i skał.

Pierwszym krokiem jest wyznaczenie wydajności złoża metanu (W_{ZM}) [m^3] z zależności [12]:

$$W_{ZM} = (W_P \cdot p_m) \cdot t_i \quad (1)$$

gdzie:

W_P – wydajność przepompowni gazu (ilość wydobywanego gazu z odwiertu), m^3/t_i

p_m – stężenie metanu w ujmowanym gazie, %

t_i – jednostka czasu, rok/doba/h/min

Drugim, jest wyznaczenie wskaźnika dynamiki spadku stężenia metanu w ujmowanym gazie (Q_{pm}) [%/ t_i], z zależności:

$$Q_{pm} = (p_{pm} - p_{km}) : t_i \quad (2)$$

gdzie:

p_{pm} – stężenie metanu na początku ocenianego okresu, %

p_{km} – stężenie metanu na końcu ocenianego okresu, %

Jednak sposób podejścia do tego zagadnienia zależy jest od liczby odwiertów, przez które ujmuje się gaz z jednego kolektora.

Inaczej należy postąpić w przypadku zagospodarowywania metanu pozyskiwanego odwiertem jednym odwiertem, np. odwiertem A, a inaczej, gdy równolegle gaz ujmowany jest także odwiertem B. Zagadnienie to przedstawione zostanie dla bardziej skomplikowanego przypadku – dwa odwierty – z wykorzystaniem wyników badań zrealizowanych w ramach pracy usługowo-badawczej [12].

W badanym kolektorze gazu, zlokalizowane były: odwiertu A, w mniej korzystnych uwarunkowaniach, i odwiert B, zlokalizowany w korzystniejszych uwarunkowaniach, w części centralnej kolektora – o większej wydajności, którym także prowadzona była eksploatacja złoża metanu. Dla określenia dynamiki wydajnościowej odwiertu A pod kątem optymalnego wykorzystania złoża metanu AMM do zasilania silników kogeneracyjnych, przeprowadzono kilka badań, z wykorzystaniem dodatkowo zabudowanej pochodni do spalania gazów, do której metan doprowadzany był poprzez rozgałęźnik zabudowany w miejscu odbioru gazu (przy agregacie kogeneracyjnym). Zapewniało to równoległy odbiór gazu przez pracujący w agregacie silnik spalinowy – z przepływem do niego metanu w ilości $5 m^3/min$ – oraz przepływ gazu do pochodni, która imitowała drugi agregat kogeneracyjny. Przed badaniami, wydajność przetłoczni z odwiertu A wynosiła ok. $880 m^3/h$, a stężenie metanu w ujmowanym gazie wynosiło ok. 61%.

W trakcie badań miały miejsce zakłócenia, co paradoksalnie, pozwoliło lepiej rozpoznać złożo. Dwa zakłócenia były związane z pracą przetłoczni, a jeden – z koniecznością ograniczenia do ok. $840 m^3/h$ przepływu ujmowanego gazu przez pochodnię dla podtrzymania minimalnego ciśnienia potrzebnego do pracy generatora. Wyniki tych badań wskazywały, że poza okresami zakłóceń następowały zmiany:

- ilości ujmowanego gazu – od 880, poprzez 890 do $782 m^3/h$,
- temperatury gazu – od 36,56, poprzez 40,6 do $38^\circ C$,
- podciśnienia głowicowego – od -8,81, poprzez -8,95 do 8,89 kPa,
- stężenia metanu – od 61,14 poprzez 62,82 do 51,95,

co pokazano na rysunkach 3 i 4.

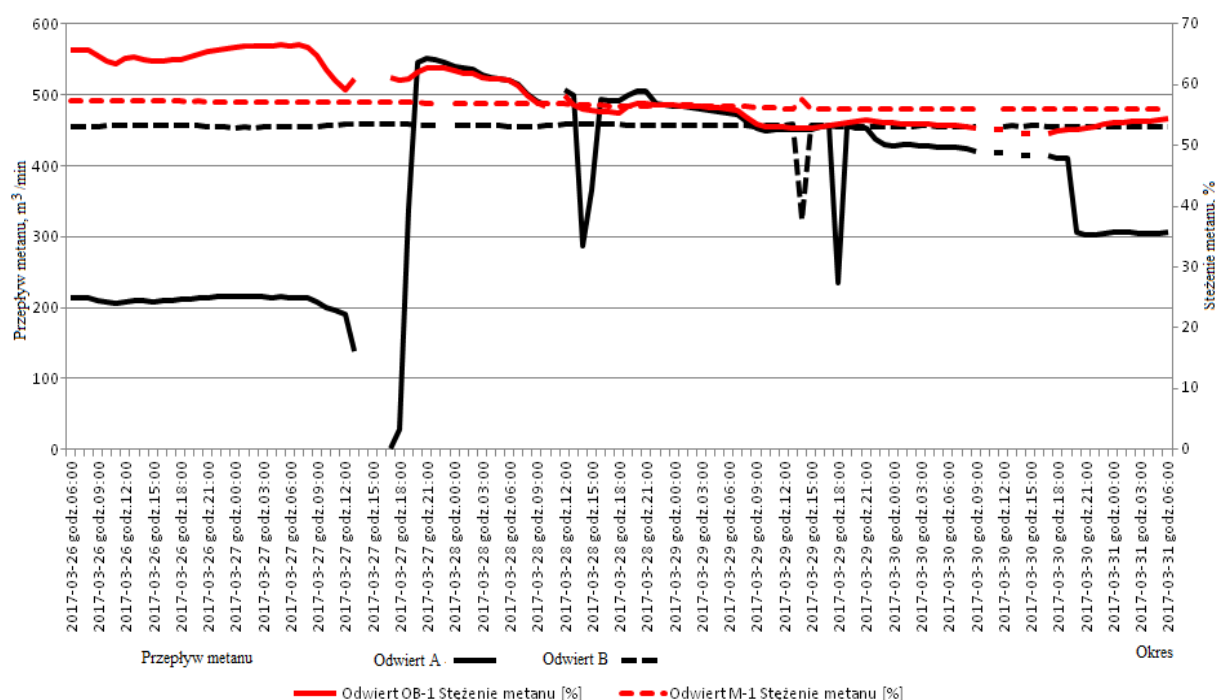
Przeprowadzone badania, dały pogląd na równoległą pracę dwóch silników kogeneracyjnych mających pracować na odwiercie A. Pokazały one, że:

- możliwe jest zwiększenie wydobywania metanu odwiertem A do poziomu ograniczonego

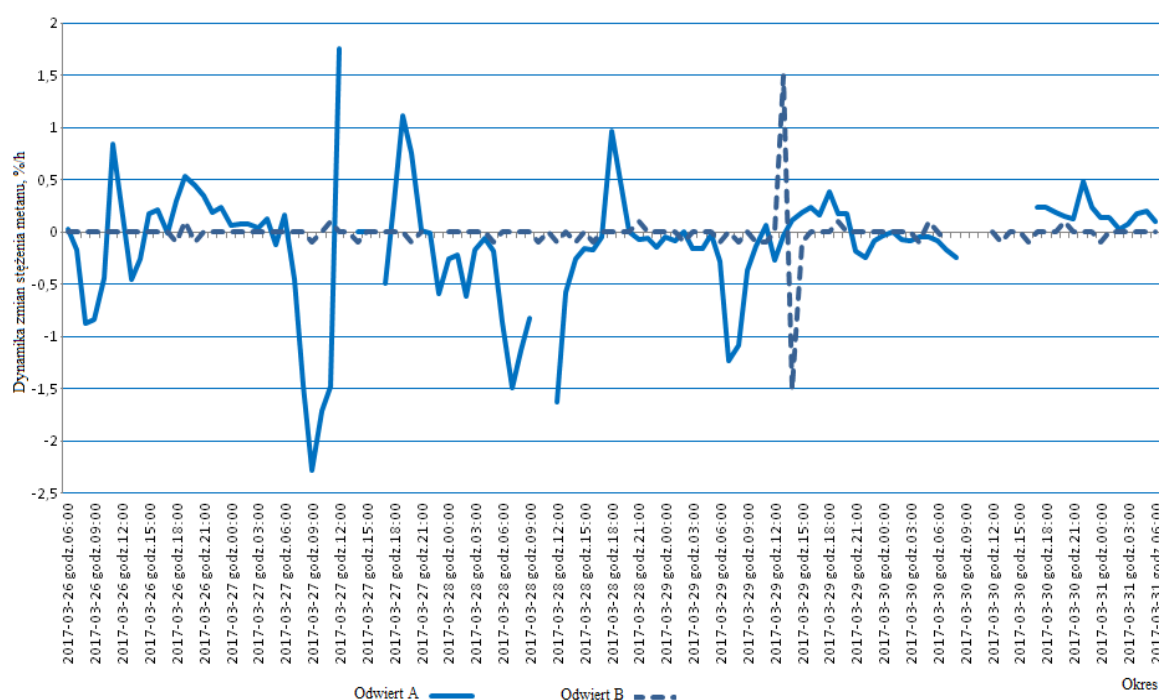
wydajnością przepompowni oraz ograniczanego zmniejszającym się stężeniem metanu,

- niemożliwa jest praca przepompowni maksymalną wydajnością w dłuższym przedziale czasu,
- zwiększenie wydobywania gazu z odwiertu A:
 - wpływa na spadek stężenia metanu, przy czym dynamika spadku jest mniejsza od dynamiki spadku występującej przed i po eksperymencie,
 - wymusza dopływ gazów do odwiertu A z nieco dalszej odległości od odwiertu, głównie od strony wschodniej, gdzie stężenie metanu jest wyższe,
 - wpływa na minimalny spadek stężenia metanu na odwiercie B,
- stabilizacja parametrów wydobywanego gazu po zakończonych badaniach nastąpiła na odwiercie A w zasadzie w ciągu godziny, przy czym stężenie metanu ustabilizowało się na poziomie niższym o ok. 2% w stosunku do poziomu bezpośrednio sprzed badań.
- zwiększenie wielkości ujmowanego gazu na odwiercie A powoduje znaczący spadek stężenia metanu - wskaźnik dynamiki spadku stężenia metanu w trakcie eksperymentu osiągnął wartość ok. 2,4% $\text{CH}_4/\text{dobę}$, i był 8-krotnie wyższy od wartości wskaźnika spadku stężeń metanu dla pracy ustabilizowanej dla jednego silnika kogeneracyjnego (z okresu przed badań), wynoszącego 0,2987% $\text{CH}_4/\text{dobę}$.

Wnioski te wykorzystano w planowaniu sposobu eksploatacji, co zakończyło się wyborem stabilnego, długookresowego sposobu wykorzystania gazu AMM do produkcji energii.



Rys. 3. Ilustracja zmian wydajności i stężenia metanu na odwiertach A i B [12]



Rys. 4. Ilustracja dynamiki zmian stężenia metanu ujmowanego otworami A i B w okresie badań [12]

6. Podsumowanie

Z diagnozy stanu aktualnego powietrza atmosferycznego w Polsce wynika, że w wielu miastach występuje fatalny stan związany głównie z występowaniem w nim pyłów zawieszonych i benzo(a)pirenu z domowych pieców i lokalnych kotłowni węglowych. Z tego powodu konieczne jest podejmowanie działań zmierzających do poprawy warunków środowiskowych życia społeczeństwa.

Podejmowane są – przez rząd RP – różnego rodzaju działania mające na celu skuteczne zwalczanie smogu, w tym m.in. związane z dopłatami do wymiany węglowych kotłów indywidualnego wytwarzania energii na kotły ekologiczne i ogrzewanie gazowe, a także z realizacją Polityki Energetycznej Polski do 2040 roku, zakładającej odchodzenie od węgla kamiennego i węgla brunatnego jako podstawowych źródeł produkcji energii.

Jednym z elementów dywersyfikacji źródeł energii jest pozyskiwanie metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego, które wymaga racjonalnego planu ekonomicznie uzasadnionej produkcji energii w agregatach kogeneracyjnych na podstawie dokonanego rozpoznania złoża metanu pod względem zasobów eksploatacyjnych oraz dynamiki złoża metanu.

Stopniowo zmniejszany udział węgla kamiennego w źródłach produkcji energii skutkować będzie likwidacją kolejnych kopalń, przez co zwiększyć się powinien udział gazu AMM w proekologicznej produkcji energii.

Literatura

- [1] Times Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.XII.2010 – 31.XII.2012. Wyd. PIG-PIB, Warszawa 2011. 2013, s. 28.
- [2] Energia – dokument GUS. W: file:///C:/Users/User/Downloads/zuzycie_paliw_i_nosnikow_energii_w_2017_r..pdf (01.03.2019)

- [3] Energia 2019. Wyd. Gus. Warszawa 2019. W: https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/1/6/1/energia_2018.pdf (01.03.2019)
- [4] Hadro J. I. Wójcik I.: Metan pokładów węgla: zasoby i eksploatacja, „Przegląd Geologiczny”, vol. 61, nr 7, 2013 r.
- [5] Kogeneracja. Opis Energia CAT – źródło: <https://eneria.pl/kogeneracja/> (20.03.2019)
- [6] Lewandowski W. M.: Proekologiczne odnawialne źródła energii. WNT, Warszawa 2007.
- [7] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 4 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Prawo geologiczne i górnicze - Dz.U. z 2019 r. poz. 868
- [8] Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku. Ministerstwo Energii, Warszawa 2018. https://www.gov.pl/documents/33372/436746/PEP2040_projekt_v12_2018-11-23.pdf/ee3374f4-10c3-5ad8-1843-f58dae119936 (01.03.2019)
- [9] Program rządowy „Czyste powietrze”. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2018. W: <https://www.gov.pl/web/srodowisko/czyste-powietrze> (02.03.2019)
- [10] Raport NIK: „Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniami”. Warszawa, 2018.
- [11] Silnik typu ENGINE Caterpillar 3516 – źródło https://www.google.com/search?q=silniku+typu+ENGINE+Caterpillar+3516+1,136+MW&rlz=1C1GCEU_plPL835PL835&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=1fUoIYUz2vajEM%253A%252C9ewh-EEvIG60VM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kRjHWNQFfjK9kiL30_g2xAog0M-g&sa=X&ved=2ahUKEwj2v8yl65XhAhXNxIsKHSUvAzwQ9QEwBnoECAkQDA#imgsrc=1fUoIYUz2vajEM (20.03.2019)
- [12] Trenczek S., Krause E.: Optymalizacja wydobywania i zagospodarowania metanu z odwiertu w kontekście wyników przeprowadzonych badań specjalistycznych złoża. Dokumentacja usługi naukowo-badawczej, Katowice, 2017 (materiały niepublikowane).
- [13] Trenczek S.: The determination of methane resources from liquidated coal mines. In: ROLE OF POLISH COAL IN THE NATIONAL AND EUROPEAN ENERGY SECTOR, Book Series: IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, vol. 268. Conference on Role of Polish Coal in the National and European Energy Sector, Andrychów 19-21.06.2017.
- [14] Zagospodarowanie metanu wg ARP. W: <https://www.cire.pl/item,144354,1,0,0,0,0,w-2016-r-kopalnie-wykorzystaly-wiecej-metanu-do-produkcji-energii-elektrycznej-ciepla-i-chlodu.html> (01.03.2019)

dr hab. inż. Stanisław Trenczek prof. ITG KOMAG
strenczek@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

dr hab. inż. Eugeniusz Krause prof. GIG
ekrause@gig.eu

Główny Instytut Górnictwa
plac Gwarków 1, 40-166 Katowice

Czy warto realizować projekty wspierane z funduszy unijnych?

Edward Pieczora
Ewa Hordyniak

Is it worth implementing projects supported by EU funds?

Streszczenie:

Wstąpienie Polski do Unii Europejskiej dało możliwość ubiegania się o wsparcie finansowe m.in. projektów mających na celu wzrost innowacyjności gospodarki. Przetawiono projekty zrealizowane przez KOMAG wraz z partnerami zagranicznymi oraz krajowymi jednostkami naukowymi i przedsiębiorcami, w tym z sektora MSP. Wskazano na możliwości ubiegania się o wsparcie finansowe w 2019 roku bezpośrednio z UE jak i poprzez krajowe instytucje pośredniczące.

Słowa kluczowe: innowacyjność gospodarki, projekty wspierane przez UE, możliwości uzyskania wsparcia

Keywords: innovativeness of the economy, EU supported projects, possibilities for EU support

Abstract:

Accession of Poland to the European Union gave the opportunity to apply for financial support, e.g. projects aimed at increasing the innovativeness of the economy. The projects implemented by KOMAG together with foreign partners as well as national scientific entities and entrepreneurs, including the SME sector, were presented. The possibilities of applying for financial support in 2019 directly from the EU and through national intermediate bodies were indicated.

1. Wprowadzenie

Wstąpienie Polski w struktury Unii Europejskiej dało możliwość ubiegania się o wsparcie finansowe różnego rodzaju przedsięwzięć, w tym projektów mających na celu wzrost innowacyjności gospodarki. Istnieje możliwość aplikowania o środki w projektach współfinansowanych bezpośrednio z Unii Europejskiej a także poprzez krajowe instytucje pośredniczące. Wiodącym jest, powołane w 2007 roku, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), które poprzez kilkadziesiąt programów może zapewnić wsparcie finansowe projektów na wszystkich poziomach gotowości technologicznej – od wstępnych badań przemysłowych aż do opracowania innowacyjnego produktu, usługi lub technologii w celu ich komercjalizacji. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) zarządza funduszami pochodzącymi z budżetu państwa i z Unii Europejskiej, przeznaczonymi na wspieranie małych i średnich przedsiębiorstw oraz rozwój zasobów ludzkich. Powołane w 2011 roku Narodowe Centrum Nauki (NCN) finansuje, ze środków budżetowych, projekty badawcze z zakresu badań podstawowych bez nastawienia na bezpośrednie zastosowanie komercyjne.

2. Projekty innowacyjne współfinansowane bezpośrednio z Unii Europejskiej

Projekty innowacyjne bezpośrednio współfinansowane przez Unię Europejską to przede wszystkim projekty realizowane w ramach Programów Ramowych (obecnie HORYZONT 2020), programu CIP oraz Funduszu Badawczego Węgla i Stali. ITG KOMAG uczestniczył w Programach Ramowych poczynając od ich piątej edycji, realizowanej w latach 1998–2002,

a w programie badawczym Funduszu Badawczego Węgla i Stali od początku jego funkcjonowania, tzn. od 2003 roku.

W ramach integracji ze Wspólnotą, już w 2002 roku KOMAG złożył wniosek projektowy do 5. Programu Ramowego Badań, Rozwoju Technicznego i Prezentacji Unii Europejskiej - jako podmiot z kraju stowarzyszonego – i uzyskał dofinansowanie projektu nastawionego na nawiązywanie współpracy międzynarodowej „Centrum Doskonałości MECHSYS”. Głównymi celami projektu były:

- doskonalenie i umocnienie rozwoju naukowego i technicznego KOMAG-u w celu pełniejszej integracji z Europejską Przestrzenią Badawczą,
- dalsze wdrażanie zaawansowanych technik i technologii przyjaznych środowisku, w szczególności w zakresie badania relacji człowiek-maszyna-środowisko,
- zdobywanie wiedzy i technologii dla nowych generacji wielofunkcyjnych, bardziej wydajnych, bezpiecznych, ergonomicznych i przyjaznych dla środowiska systemów mechanicznych.

Środkami służącymi do realizacji tych celów były międzynarodowe warsztaty i konferencje, w których uczestniczyli wybitni specjaliści z kraju i zagranicy, oraz wyjazdy specjalistów z ITG KOMAG do wiodących europejskich ośrodków naukowych.

Rezultaty realizacji tego projektu, głównie w postaci nawiązanych kontaktów międzynarodowych, przełożyły się na kolejne projekty realizowane zarówno w ramach Programów Ramowych jak i Funduszu Badawczego Węgla i Stali.

2.1. Programy Ramowe Unii Europejskiej

Udział Instytutu KOMAG w realizacji projektów ramowych UE

Tabela 1

Lp.	Program	Akronim, tytuł projektu	Realizatorzy	Okres realizacji
1	5. Program Ramowy	Centrum Doskonałości MECHSYS	KOMAG	01.2009 – 04.2009 r.
2	6. Program Ramowy	VIRTUALIS – Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości i czynnika ludzkiego do podniesienia bezpieczeństwa.	Koordynator: Politechnika w Mediolanie – Włochy Konsorcjum: 49 jednostek z 17 krajów	05.2005 – 04.2009 r.
3	6. Program Ramowy	ENHIP - Opracowanie ergonomicznych instrumentów do operacji biodra. Nowatorskie podejście do projektowania implantów ortopedycznych.	Koordynator: Instytut Biomechaniki Politechniki w Walencji Konsorcjum: 9 jednostek z 6 krajów	09.2005 – 09.2007 r.
4	7. Program Ramowy	I-PROTECT - Inteligentny system ochrony indywidualnej w szkodliwym środowisku pracy.	Koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Konsorcjum: 17 jednostek z 6 krajów	10.2009 – 09.2013 r.

Specjaliści ITG KOMAG zaczęli nabierać doświadczenia w realizacji projektów naukowych w międzynarodowych konsorcjach, gdy zostali postawieni przed wielkim wyzwaniem – KOMAG został zaproszony do jednego z największych projektów badawczych realizowanych w Europie w ramach 6. Programu Ramowego ds. Badań, Rozwoju Technicznego i Prezentacji. Projekt VIRTUALIS, bo o nim mowa, był tzw. projektem zintegrowanym, o budżecie przekraczającym 14 milionów euro, w skład konsorcjum którego wchodziło 49 firm z 17 krajów. Tytuł projektu brzmiał: „Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości i czynnika ludzkiego dla podniesienia bezpieczeństwa”, a jego celem było ograniczenie zagrożeń w zakładach produkcyjnych i obiektach magazynowych poprzez stworzenie systemu pozwalającego na ocenę wpływu wszelkich modyfikacji technicznych na pracę operatorów maszyn i urządzeń. System skierowany był do osób zajmujących się praktycznymi zagadnieniami bezpieczeństwa w zakładach przemysłowych. Rezultatem projektu była nowa technologia, powstała poprzez połączenie czynnika ludzkiego i technik wirtualnej rzeczywistości.

W 2005 roku zaproszono ITG KOMAG do kolejnego projektu w ramach 6. Programu Ramowego. Tym razem był to projekt skrajnie odległy od tematyki górniczej. ENHIP – projekt zainicjowany przez małe i średnie przedsiębiorstwa hiszpańskie, potrzebujące nowych, ergonomicznych narzędzi chirurgicznych. Miał on na celu opracowanie instrumentarium zarówno dla otwartych operacji stawu biodrowego jak i dla chirurgii nieinwazyjnej, z uwzględnieniem kryteriów ergonomii dla poprawy warunków pracy chirurgów w czasie przeprowadzania operacji.

Kolejny Program Ramowy, to kolejny projekt realizowany przez KOMAG. W 2009 roku Centralny Instytut Ochrony Pracy zaprosił specjalistów ITG KOMAG do udziału w projekcie i-Protect. Głównym celem projektu było opracowanie systemu zaawansowanych ochron osobistych (PPE), który zapewni aktywną ochronę i wsparcie informacyjne dla personelu działającego w środowiskach o wysokim stopniu ryzyka, czyli dla ratownictwa górniczego i chemicznego oraz straży pożarnej.

Obecnie głównym źródłem dofinansowania badań naukowych jest kolejny, ósmy już Program Ramowy, który otrzymał nazwę własną HORYZONT 2020. Fundusze programu Horyzont 2020 przeznaczone są na trzy główne cele:

- doskonałość w nauce (*excellence in science*),
- wiodąca pozycja w przemyśle (*industrial leadership*),
- wyzwania społeczne (*societal challenges*),

uzupełnionych przez dodatkowe cele szczegółowe:

- upowszechnianie doskonałości i zapewnienie szerszego uczestnictwa,
- nauka z udziałem społeczeństwa i dla społeczeństwa

oraz działania Wspólnego Centrum Badawczego i Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii.

2.2. Projekty dofinansowane przez Fundusz Badawczy Węgla i Stali

Udział Instytutu KOMAG w realizacji projektów FBWiS

Tabela 2

Lp.	Program	Akronim, tytuł projektu	Realizatorzy	Okres realizacji
1	FBWiS	IAMTECH - Increasing the Efficiency of Roadway Drivages through the Application of Advanced Information, Automation and Maintenance Technologies	Koordynator: AITEMIN – Hiszpania, Konsorcjum: 6 jednostek z 5 krajów	07.2004 – 06.2007
2	FBWiS	NEMAEQ - Nowe kierunki mechanizacji i automatyzacji maszyn i urządzeń ścianowych oraz chodnikowych	Koordynator: DSK Deutsche Steinkohle, Niemcy Konsorcjum: 9 jednostek z 4 krajów	07. 2006 – 06. 2009
3	FBWiS	ADRIIS - Inteligentny układ drążenia chodników	Koordynator: AITEMIN – Hiszpania, Konsorcjum: 8 jednostek z 4 krajów	07. 2007 – 06. 2010
4	FBWiS	MINTOS - Zwiększenie niezawodności transportu w kopalniach	Koordynator: Mine Rescue Service – Wielka Brytania, Konsorcjum: 7 jednostek z 4 krajów	07. 2007 – 06. 2010
5	FBWiS	EMIMSAR - Interaktywne wspomaganie informacją serwisantów maszyn, mające na celu poprawę warunków pracy i bezpieczeństwa, z zastosowaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości	Koordynator: AITEMIN – Hiszpania, Konsorcjum: 8 jednostek z 5 krajów	07. 2009 – 06. 2012
6	FBWiS	MINFIREX - Minimalizacja ryzyka oraz redukcja oddziaływania ognia oraz niebezpieczeństwa wybuchu w kopalniach węgla kamiennego	Koordynator: Deutsche Montan Technologie – Niemcy, Konsorcjum: 7 jednostek z 4 krajów	07. 2010 – 06. 2013
7	FBWiS	INREQ - Zwiększenie poziomu efektywności pracy ratowników i ich bezpieczeństwa, zaangażowanych w działania wysokiego ryzyka, poprzez projektowanie innowacyjnych systemów sprzętu ratowniczego	Koordynator: KOMAG Konsorcjum: 7 jednostek z 5 krajów	07. 2012 – 06. 2015.
8	FBWiS	M-SMARTGRID - Opracowanie i wdrożenie inteligentnych sieci energetycznych dla górnictwa	Koordynator: AITEMIN – Hiszpania, Konsorcjum: 7 jednostek z 5 krajów	07. 2013 – 06. 2016.
9	FBWiS	BEWEXMIN- Praca koparek kołowych w warunkach występowania w urabianym ośrodku utworów o nadmiernych oporach urabiania jak i wtrąceń nieurabialnych	Koordynator: Instytut Górnictwa Odkrywkowego POLTEGOR, Konsorcjum: 9 jednostek z 4 krajów	07. 2015 – 06. 2018.
10	FBWiS	INESI - Zwiększenie efektywności i poprawa bezpieczeństwa w podziemnych, górniczych drogach transportowych	Koordynator: KOMAG Konsorcjum: 8 jednostek z 4 krajów	07. 2017 – 06. 2020.

11	FBWiS	PRASS III - Poprawa wydajności i bezpieczeństwa ścianowej obudowy zmechanizowanej	Koordynator: KOMAG Konsorcjum: 7 jednostek z 4 krajów	07. 2017 – 06. 2020
12	FBWiS	ROCD - Redukcja ryzyka związanego z narażeniem na pył węglowy	Koordynator: - Uniwersytet w Exeter – Wielka Brytania Konsorcjum: 10 jednostek z 5 krajów	07. 2017 – 06. 2020
13	FBWiS	INDIRES - Oparte na danych reagowanie na wypadki	Koordynator: - Uniwersytet w Exeter – Wielka Brytania Konsorcjum: 10 jednostek z 5 krajów	07. 2017 – 06. 2020
14	FBWiS	BUSDUCT - Wzrost efektywności kopalń oraz poziomu ochrony zdrowia poprzez innowacyjny system transportowy oparty na szynoprzewodzie	Koordynator: KOMAG Konsorcjum: 5 jednostek z 3 krajów	06.2019-10.2022
15	FBWiS	SUMAD - Zrównoważone wykorzystanie składowisk odpadów pogórnich.	Koordynator: The University of Nottingham, Wielka Brytania. Konsorcjum: 10 jednostek z 5 krajów	07.2019-06.2022

W 2003 roku nowo nawiązane kontakty zaowocowały zaproszeniem Instytutu (wtedy jeszcze Centrum Mechanizacji Górnictwa) do współpracy w ramach międzynarodowego projektu badawczego IAMTECH, zgłoszonego do pierwszej edycji projektów badawczych Funduszu Badawczego Węgla i Stali.

Traktat powołujący do życia Europejską Wspólnotę Węgla i Stali wygasł 23 lipca 2002 r. Fundusze Wspólnoty zostały przetransferowane do Wspólnoty Europejskiej w celu utworzenia funduszu poświęconego badaniom naukowym w obszarze węgla i stali.

Taką właśnie funkcję pełni Program Badawczy Funduszu Badawczego Węgla i Stali utworzony na podstawie decyzji z dnia 1 lutego 2003 r. Struktura i zawartość Programu publikowana jest w Przewodniku Technicznym, który jest poddawany przeglądowi i zmianom co pięć lat.

W programie mogą uczestniczyć przedsiębiorstwa, instytuty badawcze lub osoby fizyczne mające siedzibę na terenie dowolnego państwa, ale tylko takie, których siedziba znajduje się na terenie Państwa Członkowskiego mogą otrzymać wsparcie finansowe. Do Programu zgłaszać można projekty badawcze, pilotażowe i pokazowe, środki towarzyszące i działania wspierające. Warunkiem koniecznym jest zbudowanie konsorcjum składającego się z min. trzech firm z dwóch państw członkowskich UE.

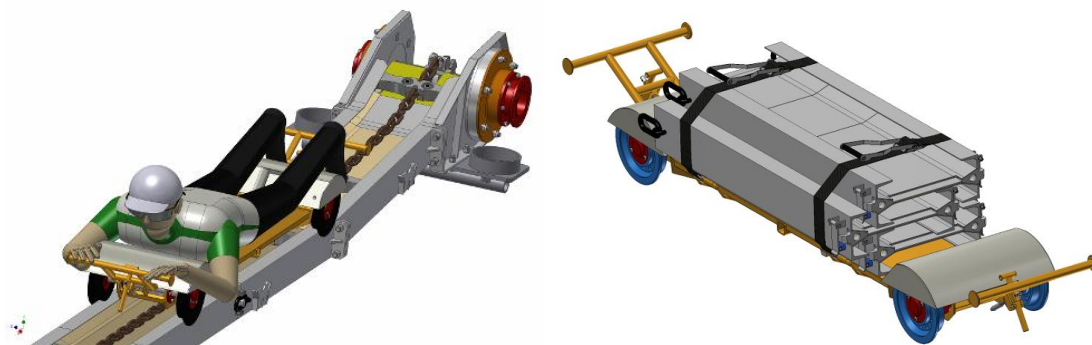
Komisja nie finansuje działań, tylko je wspiera. Dlatego całkowita maksymalna wielkość wsparcia finansowego wynosi w odniesieniu do projektów badawczych do 60% całkowitych kosztów dopuszczalnych

Silna pozycja KOMAG w branży górniczej, oraz opinia solidnego partnera, zaowocowały kolejnymi propozycjami opracowania innowacyjnych rozwiązań do Funduszu Badawczego Węgla i Stali, a także coraz liczniejszymi zaproszeniami od partnerów z całej Europy. W efekcie przez kolejne lata Instytut realizował następujące projekty badawcze: NEMAEQ („Nowe kierunki mechanizacji i automatyzacji maszyn i urządzeń ścianowych

i chodnikowych”), ADRIS („Inteligentny układ drażenia chodników”), MINTOS („Poprawa efektywności oraz bezpieczeństwa prowadzenia prac w górnictwie podziemnym”) i EMIMSAR („Interaktywne wspomaganie informacją serwisantów maszyn, mające na celu poprawę warunków pracy i bezpieczeństwa, z zastosowaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości”).

Rok 2012 to kolejny krok milowy uczyniony przez specjalistów Instytutu KOMAG. Projekt o akronimie INREQ, którego pomysłodawcą i koordynatorem był KOMAG, uzyskał wysoką ocenę ekspertów Komisji Europejskiej i przyznano mu finansowanie z Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Projekt ten, zatytułowany „Zwiększenie poziomu efektywności pracy ratowników i ich bezpieczeństwa, zaangażowanych w działania wysokiego ryzyka, poprzez projektowanie innowacyjnych systemów sprzętu ratowniczego” związany był ściśle z poprawą efektywności prowadzenia akcji ratowniczych podczas katastrof w górnictwie podziemnym. Równolegle zakładał osiągnięcie wzrostu poziomu bezpieczeństwa oraz komfortu pracy ratowników. Koordynacja międzynarodowego projektu realizowanego przez 7 firm z 5 krajów była całkiem nowym wyzwaniem, z którego specjaliści Instytutu wywiązali się bardzo sprawnie, pomimo poważnych zawirowań w europejskiej gospodarce i kryzysu, który odcisnął swoje piętno na sytuacji niektórych partnerów.

W ramach tego projektu opracowano założenia i wymagania dla nowych urządzeń, takich jak przenośnik ratowniczy, obudowa, klimatyzator, urządzenie do drażenia skał z udziałem małych energii, a następnie opracowano dokumentację i zbudowano prototypy tych urządzeń (rys. 1).

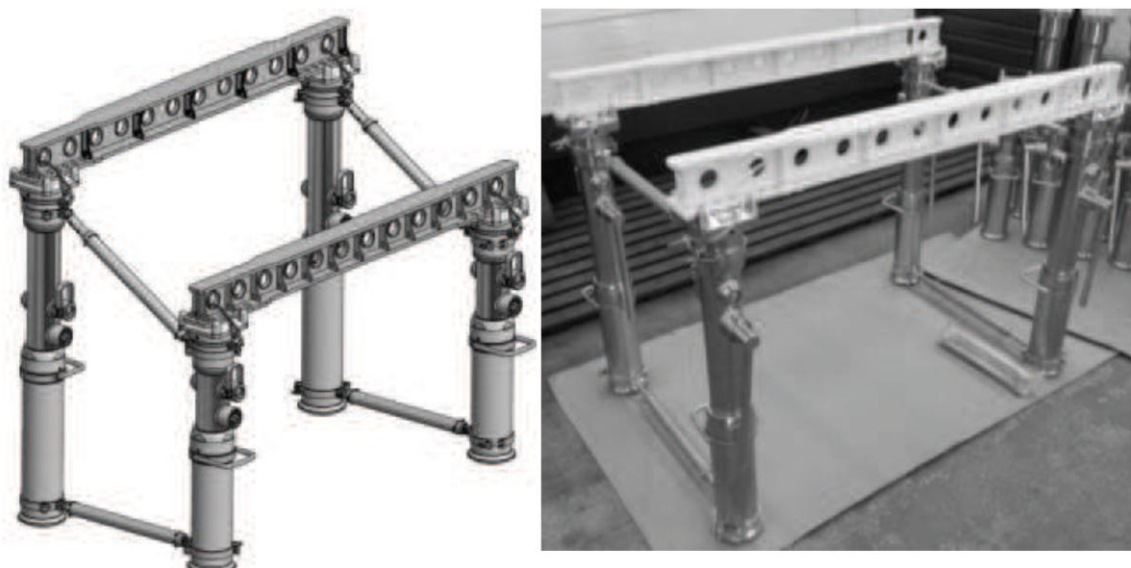


Rys. 1. Platforma pomocnicza wyposażona w uchwyty i pasy [7]

Szczególne zainteresowanie Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego wzbudziła konstrukcja lekkiej obudowy ratowniczej – jako elementu szczególnie istotnego podczas prowadzenia akcji w podziemiach kopalń. Hydrauliczna obudowa ratownicza HOR-01 jest przeznaczona do zabudowy wyrobisk korytarzowych, a w szczególności górniczych wyrobisk ratowniczych (rys. 2).

Obudowa może być stosowana w rejonach zagrożonych i niezagrożonych wstrząsami górotworu, a także w wyrobiskach ścianowych zagrożonych wybuchami gazów i pyłów. Obudowa zaliczona jest do urządzeń I grupy i kategorii M2 wg Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz.U. 2016 poz. 817). Jest wyposażona w stropnice wykonane z wysokowytrzymałej stali, stojaki hydrauliczne z własną pompą wewnętrzną i zamkniętym obiegiem medium hydraulicznego (SHR-700

i SHR-960), układ stabilizacji sąsiednich odrzwi oraz elementy przeciwdziałające odrywaniu stropnicy od głowicy koronowej stojaka, w przypadku braku obciążenia stropnicy.



Rys. 2. Obudowa ratownicza HOR-01 model komputerowy i obiekt rzeczywisty [7]

Zdając sobie sprawę z wielowymiarowych korzyści jakie daje uczestnictwo w międzynarodowych projektach, w każdym roku specjaliści Instytutu KOMAG składają kilka wniosków projektowych do różnych programów Unii Europejskiej oraz występują w roli partnerów w kolejnych kilku wnioskach składanych przez inne jednostki z kraju i Europy. Dzięki temu w 2013 roku rozpoczęli realizację projektu M-SMARTGRID – „Opracowanie i wdrożenie inteligentnych sieci energetycznych dla górnictwa”, koordynowanego przez AITEMIN – partnera z Hiszpanii, a w 2015 BEWEXMIN - „Praca koparek kołowych w warunkach występowania w urabianym ośrodku utworów o nadmiernych oporach urabiania jak i wtrąceń nieurabialnych”.

Szczególnym rokiem był rok 2016, w którym naukowcy KOMAG-u opracowali wiele nowatorskich pomysłów, co zaowocowało rozpoczęciem w 2016 roku aż czterech nowych projektów w ramach Fundusz Badawczego Węgla i Stali, w tym 2 koordynowanych przez KOMAG.

Wyzwania, które stoją przed nauką i przemysłem w XXI wieku wymagają ścisłej międzynarodowej współpracy na każdym możliwym szczeblu. Programy takie jak Horyzont 2020, Fundusz Badawczy Węgla i Stali, ERA-NET umożliwiają i ułatwiają nawiązywanie takiej współpracy oraz wspomagają finansowo jej uczestników dbając, by przemysł europejski był nowoczesny i konkurencyjny.

3. Projekty dofinansowane za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

Instytut KOMAG wraz z partnerami naukowymi i przemysłowymi stara się pozyskiwać środki wspierające realizację projektów dofinansowanych z Programów Operacyjnych Unii Europejskiej jak również z programów krajowych (tabela 3).

Udział Instytutu KOMAG w realizacji projektów dofinansowanych przez NCBR

Tabela 3

Lp.	Program	Akronim, tytuł projektu	Realizatorzy	Okres realizacji
1	Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka	Foresight kadr nowoczesnej gospodarki	Instytut Podstawowych Problemów Techniki (lider), KOMAG (podwykonawca)	01.2009 – 04.2009
2	Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka	Podwieszany ciągnik akumulatorowy PCA-1	Hellfeier Sp z o.o. (lider), KOMAG (podwykonawca)	07.2009 – 03.2011
3	Przedsięwzięcie IniTech	INERG: Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju	KOMAG (lider), Kopex Machinery S.A., Elgór+Hansen S.A.	01.2010 – 12.2014
4	Przedsięwzięcie Innotech	ICON: Ścianowy przenośnik zgrze-błowy z innowacyjnym systemem regulacji parametrów pracy napędów	KOMAG (lider), Politechnika Śl. Kopex Machinery S.A., Elgór+Hansen S.A.	02.2012 – 12.2014
5	Program Badań Stosowanych	FLEXTRACK: Innowacyjny system posuwu maszyny wydobywczej podnoszący efektywność wydobywania oraz bezpieczeństwa pracy w kompleksach ścianowych.	KOMAG (lider), AGH, Instytut Odlewnictwa, Specodlew Sp. z o.o.	12.2012 - 02.2016
6	Program Badań Stosowanych	MEZAP: Modelowanie mechanizmu gromadzenia się wybuchowego pyłu węglowego w pobliżu frontów eksploatacyjnych w aspekcie identyfikacji, oceny i niwelacji możliwości powstania jego wybuchu.	KOMAG (lider), Główny Instytut Górnictwa, Kompania Węglowa S.A.	11.2012 - 10.2015
7	Program Badań Stosowanych	PROFI: Metoda diagnozy oraz program ograniczania niepożądanych zjawisk związanych z użytkowaniem środków technicznych pod ziemią kopalni - rozwiązania organizacyjne oraz ukierunkowane na redukcję ryzyka w podsystemie społecznym.	Główny Instytut Górnictwa (lider); KOMAG, Kompania Węglowa S.A.	11.2012 – 04.2015
8	Program Operacyjny Inteligentny Rozwój	HYDKOM 75: Innowacyjna maszyna mobilna z uniwersalnym układem napędowym elektrycznego, podwyższającym poziom bezpieczeństwa technicznego.	KOMAG (lider), HYDROTECH S.A.	01.2017 - 12.2019
9	Program Operacyjny Inteligentny Rozwój	KOMTRACK: Nowej generacji system posuwu wysokowydajnych kompleksów ścianowych.	KOMAG (lider), AGH, Instytut Odlewnictwa, Polska Grupa Górnicza S.A., Specodlew Sp. z o.o.	07.2018 – 06.2021

Zrealizowano siedem z wymienionych projektów (dwa są realizowane), w wyniku czego zostały opracowane oryginalne, innowacyjne rozwiązania dla górnictwa. Ciekawym przykładem jest „Podwieszony ciągnik manewrowy PCA-1” (rys. 3) zasilany bateriami litowo-żelazowo-fosfatowymi z rekuperacją energii oraz systemem BMS (zarządzającym pracą baterii). Możliwe jest doładowywanie baterii w miejscu eksploatacji, z ogólnodostępnych zespołów transformatorowych, co eliminuje potrzebę przemieszczania ciągnika do zajezdni. Ciągnik przeznaczony jest mechanizacji prac związanych z przemieszczaniem

ładunków lub elementów maszyn na stosunkowo krótkich odległościach (do 100 m) np. w drążonych przodkach chodnikowych. Może być opcjonalnie wyposażony w zestaw transportowy z wciągnikami z napędem elektrycznym lub wciągniki z napędem ręcznym albo zasilane innym medium z zewnętrznego źródła [9]. Innym przykładem niezwykle innowacyjnego rozwiązania jest kombajn ścianowy KSW-800NE (rys. 4), będący efektem projektu wymienionego pod poz. 3 tabeli 3. Najważniejsze innowacyjne rozwiązania zastosowane w tym kombajnie to: modułowa struktura kombajnu z samonośnym korpusem, przekładnia boczna z kołem bliźniaczym ograniczająca zużycie koła trakowego, możliwość oddawania energii do sieci w trakcie hamowania, dwukierunkowa transmisja danych z kombajnu zapewniająca szybkie ustalenie nieprawidłowości pracy, komunikacja z kombajnem za pomocą technologii WiFi, ograniczenie zapylenia poprzez zastosowania zraszania powietrzno-wodnego (ograniczającego dodatkowo możliwość zapłonu pyłu węglowego i/lub gazu), zastosowanie kamer wizyjnych oraz systemu diagnostyki za pomocą termowizji, zastosowanie systemu wibrodiagnostyki umożliwiającego szybką detekcję uszkodzeń elementów kombajnu, możliwość wyposażenia kombajnu w system elektronicznej identyfikacji głównych podzespołów z wykorzystaniem techniki RFID oraz w interaktywną instrukcję obsługi, która można przeglądać bezpośrednio na ekranie umieszczonym na kombajnie.



Rys. 3. Podwieszony ciągnik manewrowy PCA-1 [9]



Rys. 4. Kombajn ścianowy KSW-800NE [7]

W Programie Operacyjnym Innowacyjny Rozwój, wśród projektów dofinansowywanych przez NCBR, poddziałaniami (projektami) o największym zainteresowaniu przedsiębiorców i jednostek badawczych, ze względu na specyfikę i warunki realizacji projektów, są:

- a) poddziałanie 1.1.1: Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa – Wsparcie badań przemysłowych i eksperymentalnych prac rozwojowych lub eksperymentalnych prac rozwojowych realizowanych przez przedsiębiorców i konsorcja (konkurs przeznaczony dla przedsiębiorców - MŚP, dużych przedsiębiorstw oraz konsorcjów z udziałem jednostek naukowych),
- b) poddziałanie 4.1.4: Projekty aplikacyjne (projekty obejmujące badania przemysłowe i/lub eksperymentalne prace rozwojowe realizowane przez konsorcja złożone z jednostek naukowych i przedsiębiorców).

Należy mieć na uwadze, że głównymi zasadami obu wymienionych przedsięwzięć są: innowacyjność rezultatów projektów oraz wdrożenie ich wyników. W 2018 r. zmieniono procedury oceny wniosków ww. projektów. Po ocenie formalnej możliwa jest jednokrotna poprawa wniosku w zakresie stwierdzonych uchybień. Następnie ma miejsce tzw. panel ekspertów (spotkanie ekspertów oceniających wniosek pod względem merytorycznym z reprezentantami wnioskodawcy/-ów). Po spotkaniu możliwa jest jednokrotna korekta

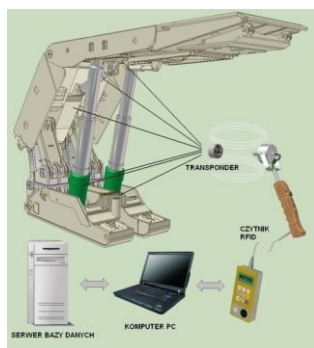
wniosku w zakresie rekomendacji ekspertów. Po przeprowadzeniu wymienionych czynności wniosek poddawany jest ostatecznej ocenie. W 2019 roku harmonogram przewiduje składanie wniosków w następujących terminach:

- ad. a) rozpoczęcie naboru wniosków 1 kwietnia, zakończenie naboru wniosków 1 lipca z podziałem na rundy,
rozpoczęcie naboru wniosków 16 września, zakończenie naboru wniosków 16 grudnia z podziałem na rundy,
- ad. b) rozpoczęcie naboru wniosków 4 marca, zakończenie naboru wniosków 30 kwietnia.

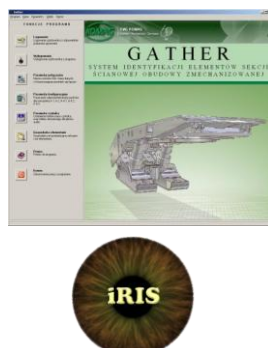
Więcej informacji o ww. projektach: www.ncbr.gov.pl

4. Współpraca z sektorem MŚP

Jednym ze strategicznych kierunków działania KOMAG-u, zwłaszcza po akcesji Polski do Unii Europejskiej, jest stały rozwój współpracy z firmami sektora MŚP, przede wszystkim z uwagi na preferencyjne warunki dofinansowania projektów dla tej grupy przedsiębiorców. W latach 2006 - 2013 KOMAG był współwykonawcą prac rozwojowych w czternastu projektach partnerów z grupy MŚP, realizujących projekty celowe koordynowane przez Centrum Innowacji NOT. Beneficjentami tych projektów były firmy: Elsta Sp. z o.o., WIROMAG Sp. z o.o., OMAG Sp. z o.o., KORD, VACAT Sp. z o.o., NAFRA POLSKA Sp. z o.o., PATENTUS S.A., ENERGOMECHANIK Sp. z o.o., HYDROTECH Sp. z o.o. W wyniku realizacji tych projektów powstało szereg oryginalnych rozwiązań wdrożonych do stosowania w kopalniach. Przykładem jest, opracowany przez KOMAG, Politechnikę Śl. i firmę Elsta Sp. z o.o., system elektronicznej identyfikacji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej [4,10], zastosowany prawie we wszystkich polskich kopalniach węgla kamiennego (rys. 5). Rezultaty tego projektu stały się podstawą późniejszego opracowania przez KOMAG systemu iRIS, będącego kompleksowym narzędziem do prowadzenia elektronicznej ewidencji środków trwałych [5]. Innym przykładem innowacyjnego rozwiązania może być kolejka podwieszona z napędem akumulatorowym GAD-1 (rys. 6), gdzie po raz pierwszy w świecie, w warunkach potencjalnego zagrożenia wybuchem, zastosowano baterie litowe zasilające silniki z magnesami trwałymi, a także układ rekuperacji energii oraz system BSM zarządzający energią w [8, 9].



Rys. 5. System elektronicznej identyfikacji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej [7]



Rys. 6. Kolejka podwieszona z napędem akumulatorowym GAD-1 [8]

Od 2013 roku specjaliści KOMAG-u realizują prace badawczo – rozwojowe w projektach „Bon na innowacje” (tabela 4), w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjny Rozwój (do

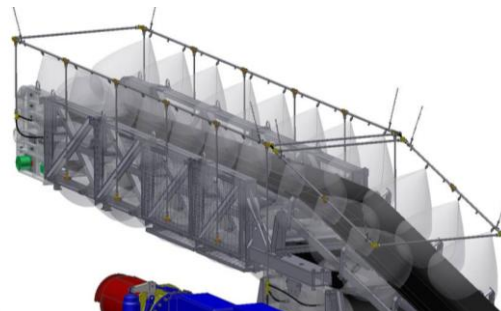
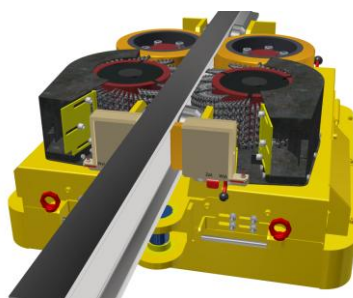
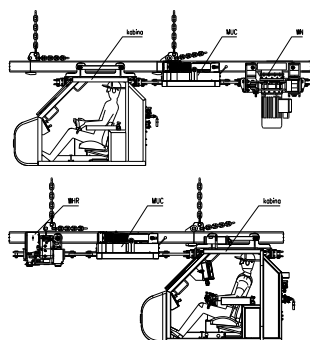
2014 r. - Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka). Koordynatorem tych, dofinansowanych ze środków Unii Europejskiej, projektów jest PARP.

Udział Instytutu KOMAG w realizacji projektów „Bon na innowacje” dla MŚP

Tabela 4

Lp.	Tytuł projektu	Beneficjent	Okres realizacji prac B+R
1.	Opracowanie dokumentacji technicznej innowacyjnego zespołu napędowego do szynowych urządzeń transportowych.	HELLFEIER Sp. z o.o.	07.2013 – 10.2013
2.	Typoszereg zaworów sterujących przepływem w jednym kierunku.	F I-W ELEKTRON s.c.	05.2014 – 09.2014
3.	Innowacyjny przenośnik kubłkowy B-1000 do odwadniania produktów procesu wzbogacania węgla kamiennego w osadzarkach pulsacyjnych.	WRĘBOWA Sp. z o.o.	01.2016 – 06.2017
4.	Innowacyjna technologia wielkogabarytowych płyt z tworzyw konstrukcyjnych.	PROFILEX Sp. z o.o S. K.	10.2016 – 05. 2017
5.	Urządzenie do czyszczenia toru kolejki podwieszanej.	BTH Waldemar Korolew	09.2016 – 08.2017.
6.	Autonomiczny system monitorowania parametrów baterii ogniwołowiowych podwyższających bezpieczeństwo pracy mobilnych maszyn akumulatorowych.	GABRYBOL Sp. J. Z. i R. Juszczuk	08.2016 – 08.2017
7.	Automatyczny system gaszenia mgłowego napędów przenośników taśmowych, sterowany mechanicznie oraz elektrycznie.	F I-W ELEKTRON s.c.	12.2016 – 01.2018.
8.	Typoszereg mimośrodowych przekładni cykloidalnych.	ZBM OSSA Sp. z o.o.	10.2016 – 04.2018
9.	Opracowanie, wykonanie oraz przebadanie innowacyjnego, modułowego zasilacza z podtrzymaniem akumulatorowym i magistralą komunikacyjną, przeznaczonego do pracy w warunkach zagrożonych wybuchem.	GABRYBOL Sp. J. Z. i R. Juszczuk	08.2016 – 02.2018
10.	Wysokociśnieniowy agregat do zasilania kluczy hydraulicznych.	ZBM OSSA Sp. z o.o.	07.2017 – 09.2018
11.	Modernizacja systemu logistyki materiałowej w zakresie opracowania, wykonania prototypu oraz przeprowadzenia badań innowacyjnego, przenośnego czytnika radiowego przeznaczonego do pracy w strefach zagrożonych wybuchem metanu i /lub pyłu węglowego.	INTERTEX SYSTEM Sp. z o.o.	06.2017 – 09.2018

W wyniku ich realizacji powstały innowacyjne rozwiązania maszyn i urządzeń przeznaczone głównie dla górnictwa. Przykładem może być, wdrożone w KWK ROW – Ruch Jankowice, urządzenie do czyszczenia toru kolejek powieszonych (rys. 7), z mechanicznym napędem, zwiększające siłę uciągu oraz wydłużające okres eksploatacji kół napędowych. Urządzenie może być montowane przed kabiną operatora lub pomiędzy kabiną a napędem [3, 6]. Innym przykładem jest automatyczny system gaszenia mgłowego napędów przenośników taśmowych (rys. 8), którego zespół baterii gaszącej umożliwia wytworzenie kurtyny gaszącej wokół zabezpieczonego napędu oraz fragmentu przenośnika. Wykorzystanie do gaszenia mgły wodnej ogranicza zużycie wody, a zastosowana linia detekcyjna pozwala na szybkie wykrycie źródła ognia [1, 2].



Rys. 7. Urządzenie MUC do czyszczenia toru kolejek podwieszonych [7]

Rys. 8. Automatyczny system gaszenia mgłowego napędów przenośników taśmowych [7]

Projekty „Bon na innowacje” stanowią wsparcie dla małych i średnich przedsiębiorstw (max. 340 tys. zł. przy max. poziomie wsparcia wynoszącym 85%) w celu zlecenia prac badawczo - rozwojowych do krajowych jednostek badawczych (posiadających kategorie A+, A lub B), których rezultatem będą (posiadający potencjał komercjalizacyjny): nowy lub znacząco ulepszony wyrób, nowa lub znacząco ulepszona technologia, nowy projekt wzorniczy, nowa lub znacząco ulepszona usługa. Należy podkreślić, że MŚP jest beneficjentem środków a także właścicielem praw do wyników projektu. W 2018 roku wprowadzona została nowość, polegająca na możliwości aplikowania, w drugim (dodanym) etapie, o wsparcie na inwestycje służące komercjalizacji rezultatów uzyskanych w pierwszym etapie.

W 2019 roku harmonogram przewiduje możliwość składania wniosków w terminach od 20 marca do 28 listopada (etap pierwszy – komponent usługowy) oraz od 17 kwietnia do 7 stycznia 2020 r. (etap drugi – komponent inwestycyjny). Oba etapy podzielone zostaną na rundy. Więcej informacji na temat ww. projektów: www.parp.gov.pl

5. Podsumowanie

Wstąpienie Polski w struktury Unii Europejskiej dało możliwość ubiegania się o wsparcie finansowe różnego rodzaju przedsięwzięć, w tym projektów mających na celu wzrost innowacyjności gospodarki.

W wyniku intensywnych działań, Instytut KOMAG stał się rozpoznawalny w europejskiej przestrzeni badawczej, uczestnicząc w realizacji 4 projektów w ramach programów ramowych, 13 projektów w ramach Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali oraz 7 projektach w ramach programu Leonardo oraz ERASMUS+.

KOMAG współrealizował (latach 2009 ÷ 2013) dwa projekty w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, pięć projektów w ramach programów krajowych (IniTech, Innotech, PBS), zaś obecnie uczestniczy (jako lider) w realizacji dwóch projektów w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. Instytucją pośredniczącą w przypadku tych projektów jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Na szczególną uwagę zasługuje wspieranie przez KOMAG partnerów z grupy MŚP. Specjaliści Instytutu współrealizowali prace B+R w czternastu projektach celowych, koordynowanych przez Centrum Innowacji NOT (2006 ÷ 2013 r.). ITG KOMAG realizował prace B+R w jedenastu projektach „Bon na innowacje”, których instytucją pośredniczącą jest

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój).

Innowacyjne rezultaty projektów są przedmiotem wdrożeń do gospodarki. Tak duża liczba zrealizowanych projektów świadczy o dużym zainteresowaniu partnerów przemysłowych i naukowych KOMAG-u aplikowaniem o dofinansowanie projektów z funduszy unijnych.

Literatura

- [1] Bałaga D., Kalita M., Siegmund M., Urbanek A., Waloszczyk A.: Automatyczny system gaszenia mgłowego napędów przenośników taśmowych. Materiały na konferencję: Problemy Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Polskim Górnictwie, XIX Konferencja, Szczyrk-Biła, 4-5 kwietnia 2017 s. 1-11 (Dokument elektroniczny).
- [2] Bałaga D., Kalita M., Siegmund M., Urbanek A., Waloszczyk A.: Projekt i próby doświadczalne automatycznego systemu gaszenia mgłowego pożarów napędów przenośników taśmowych. Napędy i Sterowanie 2018 nr 7/8 s. 60-67.
- [3] Czerniak D., Szkudlarek Z.: Badania stanowiskowe mobilnego urządzenia czyszczącego typu MUC. Maszyny Górnicze 2018, nr 1, s. 14-28.
- [4] Fitowski K., Jankowski H., Jaszczuk M., Jenczmyk D., Krzak Ł., Pieczora E., Stankiewicz J., Szczurkowski M., Rogala J., Warzecha M., Worek C.: RFID nowa metoda identyfikacji elementów w podziemiach kopalń. Napędy i Sterowanie 2006 nr 2 s. 82-88.
- [5] Jaszczuk M., Jenczmyk D., Pieczora E., Rogala J.: Use of RFID technology to increase operational safety of powered roof supports. Materiały na konferencję: "High Performance Mining", RWTH Aachen, June 3rd and 4th, 2009 s. 91-102.
- [6] Korolew W., Czerniak D., Szkudlarek Z.: Mobilne urządzenie typu MUC do oczyszczania środka szyny trasy kolejek podwieszonych. Maszyny Górnicze 2016, nr 4, s. 44-57.
- [7] Materiały informacyjne ITG KOMAG.
- [8] Mróz J., Skupień K., Drwięga A., Budzyński Z., Polnik B., Czerniak D., Dukalski P., Brymora L.: Gentle accumulator drive (GAD) - new directions of development for the mining industry. Ciągnik górniczy GAD - nowe możliwości w rozwoju techniki górniczej. Prz. Elektrotech. 2013 nr 6 s. 205-209.
- [9] Pieczora E., Polnik B.: Nowe rozwiązania napędów elektrycznych do górniczych maszyn transportowych. Cuprum 2015 nr 3 s. 199—210.
- [10] Rogala J.: Elektroniczny system ewidencji elementów sekcji obudowy zmechanizowanej. Maszyny Górnicze 2008 nr. 4 s. 31-38.

dr inż. Edward Pieczora
epieczora@komag.eu

mgr Ewa Hordyniak
ehordyniak@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Podejście procesowe w zarządzaniu laboratorium badawczym w świetle zmienionych wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02

Romana Zając

Process-based approach in the laboratory management system in the light of the changed requirements in the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 Standard

Streszczenie:

W artykule przedstawiono podstawowe zmiany w wymaganiach normy PN-EN ISO/IEC 17025 wynikające z opracowania nowego wydania dokumentu. Opisano zakres najistotniejszych zmian. Nowelizacja normy wprowadza między innymi zmiany w systemie zarządzania laboratoriów jakim jest podejście procesowe. Przedstawiono również proces wdrażania systemu zarządzania zgodnie z nową normą PN-EN ISO/IEC 17025 w trzech laboratoriach ITG KOMAG.

Abstract:

The main changes in the requirements of PN-EN ISO/IEC 17025 Standard resulting from elaboration of a new document are given. The standard novelization includes, among others, the changes in the laboratory management system which is the process-based approach. Also the process of implementation of the management system according to a new PN-EN ISO/IEC 17025 Standard in three KOMAG laboratories is presented.

Słowa kluczowe: laboratoria badawcze, podejście oparte na procesach, norma PN-EN ISO/IEC 17025

Keywords: research laboratories, process –based approach, standard PN-EN ISO/IEC 17025

1. Wprowadzenie

Obecnie w Polsce funkcjonuje ponad 1 255 akredytowanych laboratoriów badawczych; natomiast na świecie działa ich ponad 50 000. Ich zakres działania jest mocno zróżnicowany. W przypadku jednych może to być zaledwie jedna lub dwie dziedziny badań czyli stosunkowo wąski obszar merytorycznej działalności, w innych przypadkach laboratoria swoim zakresem obejmują wiele obszarów badawczych.

Laboratoria badawcze mogą posiadać status samodzielnych jednostek, bądź też wchodzić w skład większych organizacji, a ze względu na status usługi mogą być traktowane jako laboratorium pierwszej strony, drugiej strony lub trzeciej strony.

W Polsce dokumentem, w którym dokonuje się podziału laboratoriów ze względu na pełnioną funkcję, jest Ustawa o systemie oceny zgodności, która wyróżnia laboratoria [13, 17]:

- akredytowane – uznane przez jednostkę akredytującą jako posiadające kompetencje jednostki certyfikującej, jednostki kontrolującej oraz laboratorium do wykonywania określonych działań,
- autoryzowane – zakwalifikowane przez ministra lub kierownika urzędu centralnego, właściwego ze względu na przedmiot oceny zgodności, jako jednostka lub laboratorium zgłoszone do procesu notyfikacji,
- notyfikowane – autoryzowane, zgłoszone Komisji Europejskiej i państwom członkowskim Unii Europejskiej jako właściwe do przeprowadzania procedury oceny zgodności.

Rozróżnia się również inne typy laboratoriów, których wyniki badań uznawane są w zależności od uregulowań wewnętrznych jednostki, bądź zewnętrznych uregulowań krajowych. Należą do nich między innymi: laboratoria referencyjne, które zostały uprawnione do wykonywania badań w określonym zakresie oceny, na drodze odrębnych rozporządzeń właściwych ministrów. Laboratoria te działają w tzw. obszarze regulowanym, w którym obowiązujące przepisy prawa ustalają wymagania dla laboratoriów wykonujących badania. Akredytacja do celów obszaru regulowanego jest udzielana z uwzględnieniem wymagań sektorowych określonych w przepisach prawa.

Jedną z pierwszych norm stanowiących podstawę niezależnej oceny laboratorium badawczego wg jednolitych kryteriów oceny była europejska norma EN 45001 z 1989 roku *Ogólne kryteria działania laboratoriów badawczych* [7] oraz Przewodnik ISO/IEC 25:1990 *Wymagania ogólne dotyczące kompetencji laboratoriów pomiarowych i badawczych*.

W 1999 roku normę EN 45001 zastąpiła norma ISO/IEC 17025, która została wprowadzona do stosowania przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO) i Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną (IEC). Wraz z pojawieniem się pierwszego wydania normy ISO/IEC 17025:1999, nastąpiło nieznaczne zbliżenie do wymagań normy ISO 9001. Podobnie stało się w przypadku kolejnego wydania tej normy z 2005 roku. Równolegle toczyła się dyskusja nt. zgodności wymagań dotyczących systemu zarządzania laboratorium badawczego i wymagań zawartych w normie ISO 9001.

Dopiero w 2015 roku Grupa Robocza ISO/CASCO WG 44 ds. integralności oceny zgodności powołana do nowelizacji normy EN ISO/IEC 17025 ustaliła, iż kolejne zmiany w normie powinny być ukierunkowane na dostosowanie jej struktury oraz treści w obszarze organizacji i zarządzania do wymagań CASCO, dotyczących opracowywania wszystkich norm serii ISO 17000, w tym podobnie jak w innych normach tej serii możliwości wykorzystania w systemie zarządzania laboratoriów, systemu zarządzania jakością opartego o wymagania normy ISO 9001 [6]. W 2018 roku zakończono prace nad trzecią nowelizacją EN ISO/IEC 17025.

Od lutego 2018 roku, czyli od momentu zatwierdzenia nowego wydania PN-EN ISO/IEC 17025, wszystkie stosujące wspomnianą normę laboratoria, zgodnie z rezolucjami organizacji EA i ILAC właściwymi ds. akredytacji laboratoriów w Europie i na całym świecie muszą dostosować swoje systemy zarządzania do nowych wymagań tak, aby mogły być ocenione przez jednostki akredytujące w przeciągu trzech lat od jej opublikowania [3].

2. Nowa struktura normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 - komentarz do zmian

Struktura nowej normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 została zasadniczo zmieniona. Znowelizowana norma wprawdzie uwzględnia dotychczasowe wymagania ale dostosowuje je do struktury norm serii ISO 17000 dotyczących oceny zgodności dlatego też dokonuje podziału wymagań na pięć podstawowych części [1, 2, 9]:

- Wymagania ogólne
- Wymagania dotyczące struktury
- Wymagania dotyczące zasobów
- Wymagania dotyczące procesów
- Wymagania dotyczące systemu zarządzania.

Dodatkowo norma posiada dwa załączniki informacyjne:

- Załącznik A (informacyjny) Spójność pomiarowa
- Załącznik B (informacyjny) Opcje systemu zarządzania.

Zawarte w nowej normie wymagania można pogrupować również tematycznie, jako wymagania dotyczące procesów, bezstronności, poufności, struktury, ryzyka oraz zasobów. Elementy te opisano w kolejnym podpunktach publikacji.

2.1. Podejście procesowe

Jedną z podstawowych zauważalnych zmian w nowej normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 jest wdrożenie podejścia procesowego. Stanowi ono jedną z siedmiu zasad zarządzania jakością opisanych w ISO 9000 i jest typowe dla systemu zarządzania wg normy ISO 9001.

Według normy ISO 9000 proces jest to zbiór działań wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących, które wykorzystują wejścia procesu do dostarczenia zamierzonego rezultatu.

Norma PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 wprowadzając podejście procesowe podchodzi całościowo do systemu zarządzania. Takie podejście pozwala na stworzenie w organizacji zamkniętej pętli zarządzania (z ciągłym doskonaleniem systemu) zapobiegającej powstawaniu błędów i niezgodności. Podejściu procesowemu w działalności laboratorium towarzyszą również formalne wymagania dotyczące zarządzania ryzykiem [1].

Wiele laboratoriów posiadających wdrożony system zgodny z wcześniejszym wydaniem normy nie stosowało podejścia procesowego, co obecnie może w momencie wdrażania nowych wymagań sprawić istotne problemy. Zastosowanie w bieżącej działalności laboratorium podejścia procesowego w systemie zarządzania ułatwia załącznik informacyjny do normy, który graficznie przedstawia proces badania wraz z elementami wspierającymi proces, tj. zasoby, zarządzanie danymi i informacją, zapisy techniczne i system zarządzania [14].

2.2. Wymagania dotyczące bezstronności i poufności

W znowelizowanej normie PN-EN ISO/IEC 17025 pojawiły się bardziej jednoznaczne wymagania dotyczące bezstronności i poufności, które zostały wprost zaczerpnięte z pozostałych norm ISO serii 17000. Wymagania te, wspólne dla norm obszaru oceny zgodności, stanowią istotne poszerzenie i uszczegółowienie dotychczasowych wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [8].

Obecnie laboratoria zobowiązane są do wykazania, że prowadzą działalność w sposób gwarantujący bezstronność. Kierownictwo laboratorium zobowiązane jest do bezstronności działań laboratoryjnych i nie może ulegać naciskom handlowym, finansowym lub innym, które mogłyby naruszyć bezstronność.

Dodatkowo laboratorium powinno na bieżąco identyfikować ryzyka w odniesieniu do swojej bezstronności. Identyfikacja ta powinna obejmować ryzyka wynikające z prowadzonej działalności oraz ewentualnych powiązań. Laboratorium powinno wykazać, w jaki sposób eliminuje lub minimalizuje ryzyko związane z bezstronnością.

W nowej normie bardziej szczegółowo potraktowano także aspekt poufności. Wymagana jest ochrona informacji uzyskanych od klienta oraz danych wytworzonych podczas wzajemnej współpracy. Laboratorium zobowiązane jest także każdorazowo, z wyprzedzeniem informować klienta o danych, które zamierza udostępnić publicznie [2].

2.3. Wymagania dotyczące ryzyka

Chociaż sama norma PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 nie zawiera odrębnego punktu dotyczącego formalnych metod zarządzania ryzykiem lub udokumentowanego procesu zarządzania ryzykiem, to w nowym wydaniu pojawiły się w kilku miejscach wymagania dotyczące zarządzania ryzykiem. I tak laboratoria powinny planować i wdrażać działania w odniesieniu do ryzyk i szans oraz są odpowiedzialne za podejmowanie decyzji, którym ryzykiem i szansami powinny się zająć [15, 16].

Poszczególne wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, które bezpośrednio odnoszą się do podejmowania działań związanych z ryzykiem przedstawiono w tabeli 1.

Wymagania dotyczące zarządzania ryzykiem w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 [2, 11]

Tabela 1

Punkt normy	Tytuł punktu	Wymaganie
4.1	Bezstronność	Identyfikacja i minimalizacja ryzyka w odniesieniu do bezstronności
7.8.6	Przedstawianie stwierdzeń zgodności	Uwzględnienie poziomu ryzyka związanego z regułą decyzyjną w deklaracjach zgodności
7.10	Prace niezgodne z wymaganiami	Ustalenie poziomów ryzyka dla działań podejmowanych w przypadku stwierdzenia pracy niezgodnej
8.5	Działania odnoszące się do ryzyk i szans	Uwzględnienie ryzyk i szans związanych z działaniami laboratoryjnymi. Planowanie i podejmowanie działań w odniesieniu do ryzyk i szans oraz ocena skuteczności tych działań
8.7	Działania korygujące	Aktualizacja zidentyfikowanego ryzyka w wyniku podjętych działań korygujących
8.9	Przeglądy zarządzania	Analiza wyników identyfikacji ryzyka w trakcie przeglądów zarządzania

W normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 nie zalecono stosowania konkretnych metod zarządzania ryzykiem. Każde z laboratoriów samo może zdefiniować zastosowaną metodologię. Pomocną normą w tym zakresie może być PN-ISO 31000:2018-08 *Zarządzanie ryzykiem. Wytyczne*.

2.4. Struktura organizacyjna

Wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 w obszarze organizacji stwarzają pewną dowolność laboratorium w zakresie struktury organizacyjnej. Laboratorium może być samodzielnym podmiotem prawnym lub częścią podmiotu prawnego, który w sposób oczywisty jest prawnie odpowiedzialny za swoją działalność laboratoryjną.

W nowej normie obecnie brak jest wymagania dotyczącego wyznaczenia kierownictwa technicznego, kierownika ds. jakości, a tym samym przypisania im zadań w obszarze systemu zarządzania. Pominięto także pojęcie „najwyższego kierownictwa”, a na jego miejsce wprowadzono wymaganie zidentyfikowania „kierownictwa ponoszącego pełną odpowiedzialność za laboratorium”. Z punktu widzenia małych laboratoriów badawczych uproszczenie tych wymagań jest niewątpliwie korzystne i znacznie ułatwiające prowadzenie bieżącej działalności, co pozwoli na sprawniejsze podejmowanie decyzji operacyjnych [6, 9].

2.5. Zasoby

Personel

W odniesieniu do personelu, w nowej normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 nie wprowadzono istotnych zmian w stosunku do poprzedniego wydania normy. Laboratorium nadal musi określić i udokumentować wymagania kompetencyjne dla każdej funkcji mającej wpływ na wyniki działalności laboratoryjnej, upoważnić swój personel do wykonywania określonych czynności oraz zakomunikować personelowi jego obowiązki, odpowiedzialności i uprawnienia.

Zmiany wprowadzają konieczność monitorowania kompetencji personelu. Usunięto za to potrzebę oceny skuteczności szkoleń oraz konieczność dokumentowania opisów stanowisk.

Pomieszczenia i warunki środowiskowe

W nowym dokumencie nie ma istotnych zmian w stosunku do normy z 2005 roku. Gdy badania przeprowadzane są w obiektach poza stałą kontrolą, nowa norma wymaga spełnienia wymagań związanych z zachowaniem warunków środowiska i właściwego postępowania z obiektami.

Wyposażenie oraz spójność pomiarowa

W przypadku wymagań dotyczących wyposażenia w nowej normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 dokonano jedynie uporządkowania zapisów. Materiały referencyjne, odczynniki i wzorce są również uważane jako wyposażenie. Doprecyzowano warunki wzorcowania wyposażenia pomiarowego; dokładność lub niepewność wpływającą na ważność wyników.

W normie uwypuklono wymaganie dotyczące zapewnienia spójności pomiarowej z uwzględnieniem aktualnej koncepcji spójności pomiarowej w metrologii. Laboratorium powinno ustanowić i utrzymywać spójność pomiarową wyników pomiarów poprzez udokumentowany, nieprzerwany łańcuch wzorcowań. Szczegóły dotyczące spójności pomiarowej zawarto, w Załączniku A normy.

Laboratorium powinno zapewnić, aby wyniki pomiarów były powiązane z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI) poprzez: wzorcowanie przeprowadzone przez kompetentne laboratorium (wzorcujące) lub laboratorium spełniające wymagania nowej normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02.

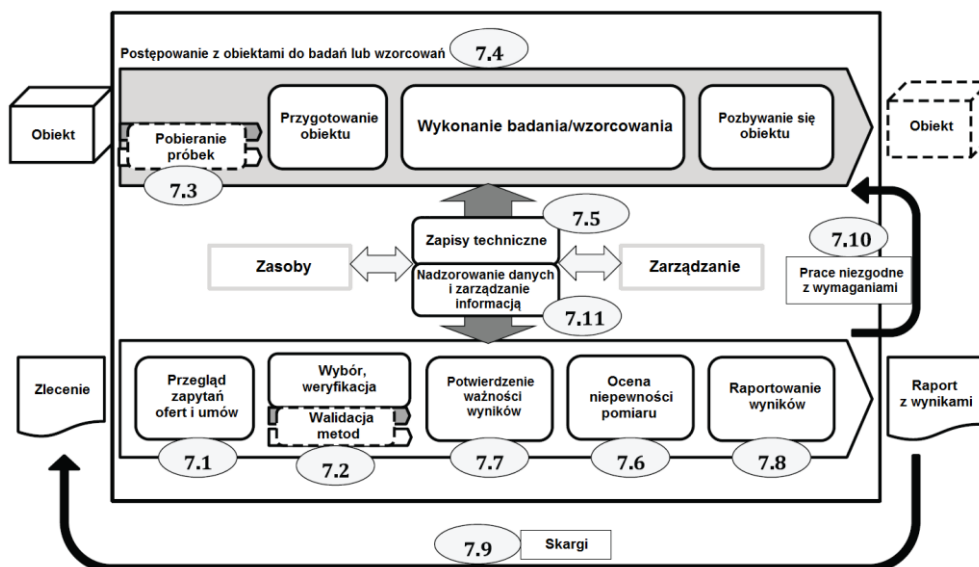
Wyroby i usługi dostarczane z zewnątrz

Nowa norma obejmuje poprzednią koncepcję podwykonawstwa, więc zakupy i podwykonawstwo są teraz zestawione w jednym punkcie. Laboratorium musi zapewnić, że wszystkie zakupione materiały i usługi spełniają określone wymagania, dlatego też musi posiadać system wyboru, oceny, monitorowania i ponownej oceny zewnętrznych dostawców.

2.6. Wymagania dotyczące procesów

Zgodnie z przyjętą filozofią zarządzania procesowego, nowa norma PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 identyfikuje podstawowe procesy związane z realizacją badań, co przedstawia rysunek 1. Szczegółowe wymagania w tym zakresie, ujemuje punkt 7 normy, który wymienia 11 następujących procesów [12]:

- przegląd zapytań, ofert i umów,
- wybór, weryfikację i walidację metod,
- pobieranie próbek,
- postępowanie z obiektami do badań,
- zapisy techniczne,
- obliczanie niepewności pomiaru,
- potwierdzenie przydatności wyników,
- przedstawianie wyników,
- skargi,
- pracę niezgodną z wymaganiami,
- nadzór nad danymi – zarządzanie informacją.



Rys. 1. Teoretyczny układ procesów operacyjnych laboratorium według PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02

W przypadku procesu **przebiegu zapytań, ofert i umów** (p.7.1) w nowej normie dodano wymaganie stanowiące, że w przypadku gdy klient wymaga oświadczenia o zgodności, zasada decyzji musi być klarowna i musi być przekazana klientowi względnie z nim uzgodniona.

W odniesieniu do procesu **wyboru, weryfikacji i walidacji metod** (p.7.2) uporządkowano wymagania, dzieląc je na wybór i weryfikację metod oraz walidację metod.

W normie przedstawiono definicje walidacji i weryfikacji, zaczerpnięte z *ISO/IEC Guide 99:2007* [9]. W nowym dokumencie zdecydowanie więcej uwagi poświęcono walidacji metod, a postanowienia zawarte w uwagach poprzedniej wersji normy, wprowadzono jako wymagania. Zrezygnowano z pojęcia „metody zaadaptowanej przez laboratorium” natomiast dodano nowe wymaganie dotyczące konieczności weryfikacji metody, jeśli znormalizowana metoda została uaktualniona.

W procesie **pobierania próbek (p. 7.3)** poza już istniejącymi wymaganiami dodano nowe wymaganie dotyczące opisu metody pobierania próbek. Natomiast, oceniając niepewność pomiaru, norma wskazuje, że należy uwzględnić wszystkie istotne składowe, w tym również wynikające z pobierania próbek [2, 12].

W nowej normie w przypadku procesu dotyczącego **postępowania z obiektami do badań (p. 7.4)** wprowadzono nowe wymaganie związane z sytuacją przyjmowania przez laboratorium obiektu do badania, w stosunku do którego są stwierdzone odstępstwa od wyspecyfikowanych wymagań. Wymagane jest umieszczanie w sprawozdaniu z badań zastrzeżenia wskazującego, które wyniki mogą mieć wpływ na odstępstwo.

W przypadku **zapisów technicznych (p. 7.5)** doprecyzowano wymagania dotyczące możliwości śledzenia zmian w zapisach technicznych w odniesieniu do poprzednich wersji lub do pierwotnych obserwacji. Obecnie wymaga się, aby modyfikacje zapisów były śledzone w poprzednich wersjach i w oryginale. Wszystkie wersje powinny być przechowywane ze wskazaniem, co zostało zmienione i kto jest odpowiedzialny za zmianę. Norma zwraca jeszcze większą uwagę na zapisy elektroniczne i wymaga aby laboratorium posiadało system umożliwiający identyfikację i śledzenie ich wersji [2, 12].

W procesie **obliczania niepewności pomiaru (p. 7.6)** wymagania w odniesieniu do normy z 2005 roku pozostały prawie niezmienione, ale wprowadzono nową uwagę określającą, że jeśli laboratorium stosuje metodę, dzięki której niepewność pomiaru wyników została ustalona i zweryfikowana, nie ma potrzeby oceny niepewności pomiaru dla każdego wyniku, jeśli laboratorium może wykazać, że zidentyfikowane krytyczne czynniki wpływające są pod kontrolą [10].

Proces **potwierdzenia ważności wyników (p. 7.7)** w poprzedniej normie nazwany *zapewnieniem jakości wyników badań* został jako wymaganie dopracowany. Laboratorium powinno monitorować ważność swoich wyników. Ważność wyników może być monitorowana w różny sposób - norma wymienia jedenaście metod. W tym wymaganiu norma zwraca szczególną uwagę na fakt, że monitorowanie powinno także obejmować, alternatywnie jedno lub oba z następujących przedsięwzięć: uczestnictwo w badaniach biegłości i uczestnictwo w porównaniach międzylaboratoryjnych innych niż badania biegłości. Nowe wydanie normy wprowadza więc jednoznaczny wymóg udziału w badaniach biegłości, jeżeli są dostępne [14].

W przypadku procesu określanego mianem **przedstawiania wyników (p. 7.8)** w normie dokonano szeregu modyfikacji. W pierwszej części zdefiniowano wspólne wymagania dotyczące raportów (sprawozdań z badań, świadectw wzorcowania lub sprawozdań z pobierania próbek). Następnie oddzielnie przedstawiono wymagania dla sprawozdań z badań, świadectw wzorcowania oraz sprawozdań z pobierania próbek.

Nowością jest to, że pojawiły się szczegółowe wymagania dotyczące przedstawiania stwierdzeń zgodności. W momencie przedstawiania stwierdzenia zgodności ze specyfikacją lub wymaganiem, laboratorium powinno udokumentować przyjętą zasadę podejmowania decyzji. Zasada ta powinna uwzględniać związany z nią poziom ryzyka. Laboratorium powinno przedstawiać stwierdzenie zgodności z odniesieniem, do których wyników ono się odnosi oraz które specyfikacje, normy lub ich części są spełnione, jak również zastosowaną zasadę podejmowania decyzji.

W analizowanym procesie doprecyzowano także dwa inne wymagania, w tym dotyczące przedstawiania opinii i interpretacji oraz zasad wprowadzania zmian lub ewentualnych poprawek w wydawanych sprawozdaniach [9].

W nowej normie w znaczący sposób rozbudowano proces dotyczący **skarg (p. 7.9)**. Przede wszystkim już w rozdziale 3 zdefiniowano to pojęcie jako „*wyrażenie niezadowolenia przez jakąkolwiek osobę lub organizację w stosunku do laboratorium, dotyczące działań lub wyników tego laboratorium, na które oczekuje się odpowiedzi*”. To pozwoliło na przeniesienie niemalże w całości wymagań tego obszaru z norm serii ISO 17000. Obecnie wymaga się aby procedura rozpatrywania skarg była udostępniana na żądanie każdej zainteresowanej stronie. Laboratorium zobowiązane jest do potwierdzania wpływającej skargi i powiadamiania skarżącego o postępach. Skargi powinny być analizowane przez osoby, które nie były zaangażowane w pierwotne działania laboratoryjne, a laboratorium powinno formalnie powiadomić skarżącego o zakończeniu rozpatrywania skargi.

W procesie określanym jako **prace niezgodne z wymaganiami (p. 7.10)** wymagania są bardziej szczegółowe i dołączono nowy element, który należy uwzględnić w procedurze pracy niezgodnej. Podejmowane działania (w tym zatrzymanie lub powtórzenie pracy i wstrzymanie raportów, jeśli to konieczne) są oparte na poziomach ryzyka ustalonych przez laboratorium a laboratorium dokonuje oceny znaczenia pracy niezgodnej, w tym analizy wpływu na poprzednie wyniki.

Ostatnim elementem procesu badań jest **nadzór nad danymi i zarządzanie informacją (p. 7.11)**. Wymagania nowej normy uwzględniają coraz powszechniej stosowane systemy komputerowe, zapisy elektroniczne oraz generowanie wyników i raportów w wersji elektronicznej, dlatego też laboratorium powinno dysponować systemem zarządzania informacjami zarówno w formie elektronicznej jak i konwencjonalnej.

2.7. System zarządzania laboratorium oraz dokumentacja systemu

Zgodnie ze strukturą norm serii ISO 17000 do nowego wydania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 wprowadzono całkowicie nowy rozdział dotyczący systemu zarządzania w laboratorium. Norma stwarza możliwość wyboru i zastosowania jednej z dwóch opcji [9]:

- ✓ opcja A obejmuje minimalną zawartość systemu zarządzania, który powinien obejmować co najmniej:
 - dokumentację systemu zarządzania,
 - nadzór nad dokumentami systemu zarządzania,
 - nadzór nad zapisami,
 - działania dotyczące ryzyk oraz szans,
 - doskonalenie,
 - działania korygujące,
 - audyty wewnętrzne,
 - przeglądy zarządzania;
- ✓ opcja B stanowi, że minimalne wymagania są uważane za spełnione, jeśli laboratorium posiada system i spełnia wymagania Rozdziałów od 4 do 7 normy ISO 9001.

W normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 nie ma już wymagań dotyczących udokumentowanych procedur związanych z działaniami systemu zarządzania, o których mowa w rozdziale 8, nie ma również wymogu dotyczącego posiadania księgi jakości.

W nowym wydaniu w poszczególnych wymaganiach precyzuje się obszary wymagające udokumentowania, dotyczy to m. in. [9]:

- zakresu działalności laboratoryjnej, dla którego spełnione są wymagania normy odniesienia,
- procedur niezbędnych do zapewnienia spójnej realizacji działalności laboratoryjnej i ważności wyników,
- wymagań kompetencyjnych dla każdej funkcji mającej wpływ na wyniki działalności laboratoryjnej,
- polityki i celów dotyczących spełnienia wymagań normy,
- wymagań dotyczących pomieszczeń i warunków środowiskowych niezbędnych do wykonywania działalności laboratoryjnej,
- nieprzerwanego łańcucha wzorcowań,
- wymagań w obszarze zapytań, ofert i umów,
- odstępstw od metod dotyczących każdej działalności laboratoryjnej,
- przedstawiania stwierdzeń zgodności ze specyfikacją lub wymaganiami,
- podstawy wydawania opinii i interpretacji,
- procesu przyjmowania, oceny i podejmowania decyzji w sprawie skarg,
- systemu nadzorowania danych i zarządzanie informacją,
- systemu zarządzania.

Należy wyraźnie podkreślić, że zgodność systemu zarządzania laboratorium z wymaganiami normy ISO 9001 sama w sobie nie dowodzi kompetencji laboratorium do poprawnego prowadzenia badań, w tym opracowywania danych technicznych i wyników. Osiąga się to tylko dzięki zgodności z PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02.

3. Działalność laboratoryjna ITG KOMAG - dostosowanie systemu zarządzania do nowych wymagań

W ITG KOMAG działają trzy akredytowane laboratoria badawcze:

- Laboratorium Badań (AB 039),
- Laboratorium Badań Stosowanych (AB 665)
- Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska (AB 910).

Od 2006 roku funkcjonują one w Zintegrowanym Systemie Zarządzania, który łączy w sobie elementy norm PN-EN ISO 9001 i PN-EN ISO/IEC 17025. Połączenie szeregu elementów obu systemów zagwarantowało spójność w zarządzaniu oraz stworzyło możliwości zbudowania jednolitego systemu zarządzania, spełniającego kryteria zawarte jednocześnie w obu normach. Wdrażając system zarządzania w laboratoriach wykorzystano elementy systemu PN-EN ISO 9001, a szczególnie [5]:

- zastosowanie w laboratoriach metody PDCA „Planuj – Wykonaj – Sprawdź – Działaj”,
- procesowe podejście do wykonywanych przez laboratoria badań [17].

Przeprowadzenie integracji systemów zarządzania wpłynęło na:

- ściślejszą i sprawniejszą współpracę osób bezpośrednio zaangażowanych w sprawy jakości,
- zastosowanie jednakowych zasad wdrażania i monitorowania systemu zarządzania jakością,
- wymianę doświadczeń i wzajemne uczenie się na błędach.

Efektom tych działań było również:

- lepsze zarządzanie jakością, zarówno w całym Instytucie, jak i w laboratoriach,
- efektywniejsze wykorzystanie zasobów,
- zmniejszenie kosztów.

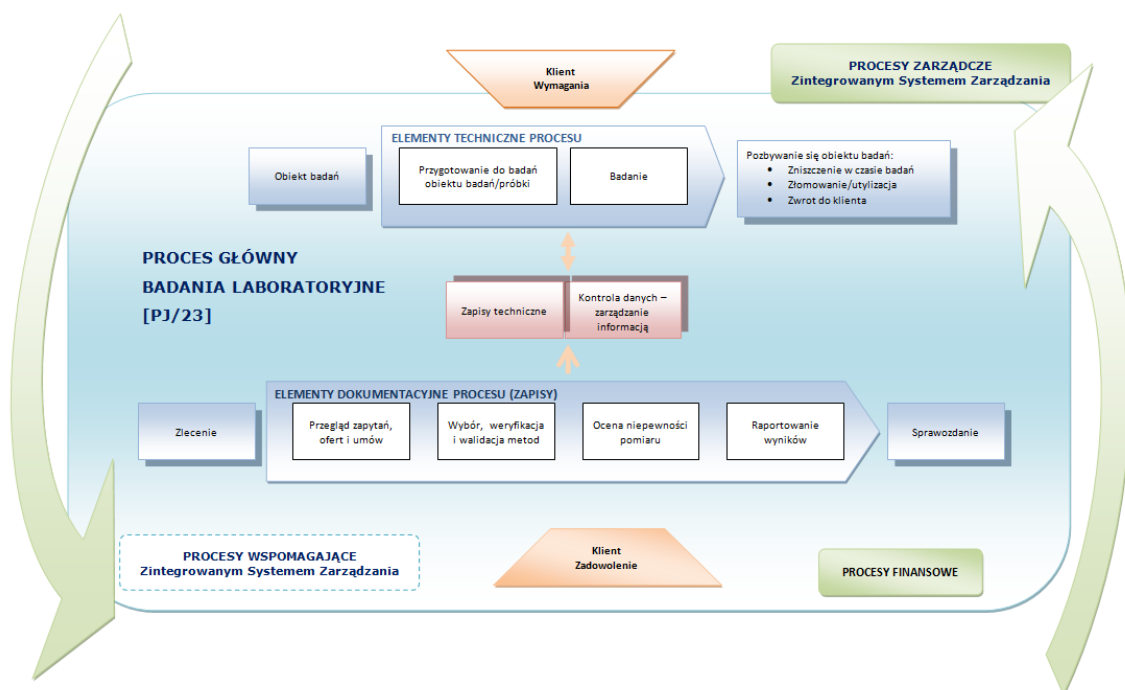
Podstawową zaletą wdrożenia Zintegrowanego Systemu Zarządzania i włączenia laboratoriów badawczych w system było między innymi [5]:

- jednolita Polityka Jakości spełniająca wymagania wszystkich standardów,
- brak powielania dokumentów i formularzy oraz zastosowanie sieciowego dostępu do dokumentacji systemu zarządzania,
- łatwość nadzorowania systemu i jego doskonalenia poprzez prowadzenie wspólnych auditów wewnętrznych - w myśl zasady: „*jeden audit – dwie normy*”,
- podejmowanie działań korygujących, jak również stosowanie zasady wspólnych przeglądów zarządzania w myśl – „*wspólne interesy - wspólne przedsięwzięcia*”.

Doświadczenia nabywane w kolejnych latach wynikające ze stosowania i ciągłego doskonalenia Zintegrowanego Systemu Zarządzania spowodowały, iż obecna modyfikacja dokumentacji laboratoriów badawczych związana z wdrożeniem kolejnego wydania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 (opartej na procesowym zarządzaniu) nie sprawiła większych problemów.

Dokonano porównania celów normy ISO 9001, które szczególnie w obszarze technicznym różnią się od celów normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, a stosowne zmiany oraz uzupełnienia wprowadzono do Zintegrowanego Systemu Zarządzania.

Wytyczne zawarte w nowej normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 dotyczące procesowego podejścia do wykonywanych przez laboratoria badań przełożyły się na opracowanie własnej mapy procesów (rys. 2).



Rys. 2. Mapa procesu badań laboratoryjnych w ITG KOMAG [19]

Także wymóg prowadzenia analizy ryzyka dla laboratoriów badawczych był już elementem znanym gdyż Instytut podszedł do zagadnienia analizy ryzyka w sposób globalny i objął także obszar badań laboratoryjnych. ITG KOMAG wdrożył system zarządzania ryzykiem w obszarze całej działalności jednostki. W celu utrzymania ryzyka na poziomie akceptowalnym podejmuje się liczne działania, mające na celu: usunięcie źródła ryzyka, zmianę prawdopodobieństwa wystąpienia względnie zmianę następstw. Instytut ustanowił mechanizmy, które umożliwiają monitorowanie wdrożonych rozwiązań i dokonywanie oceny ich efektywności [18].

W maju 2019 roku trzy laboratoria ITG KOMAG w ramach planowanego nadzoru dodatkowo poddały się ocenie przeprowadzonej przez Polskie Centrum Akredytacji, w odniesieniu do wymagań nowej normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018:2018-02. Pozytywny wynik oceny skutkował wydaniem 23 maja 2019 roku nowych certyfikatów potwierdzających spełnienie wymagań.



Rys. 3. Certyfikaty akredytowanych laboratoriów badawczych ITG KOMAG potwierdzające spełnienie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02

4. Podsumowanie

PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 nie wprowadza diametralnych zmian w obszarze wymagań i kompetencji technicznych, a najważniejsze zmiany dotyczą podejścia procesowego, których wynik końcowy stanowi o jakości wyniku badań.

Nowa norma wprowadza w obszarze badań laboratoryjnych podejście procesowe zdefiniowane w normach serii ISO 9000. Każdy proces zdefiniowany jest przez:

- wejścia,
- zasoby,
- strony zainteresowane,
- wyjścia,
- właściciela całego procesu,
- mierniki realizacji.

Jednym z rezultatów zmiany podejścia do budowanego względnie modyfikowanego w laboratorium systemu może być zmniejszenie dokumentacji systemowej. Najistotniejszym

elementem nowej normy są nadal kompetencje personelu oraz kwestie decyzyjności oraz wiarygodności wyników badań.

W związku z pojawieniem się nowego wydania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 dla poszczególnych laboratoriów zgodnie z Rezolucjami ILAC (Resolution GA 20.15) oraz EA (Resolution 2016 (38) 23) ustalono okres przejściowy na wdrożenie do stosowania wymagań znowelizowanej normy, wynoszący trzy lata od daty jej opublikowania. Po upływie okresu przejściowego, który kończy się 30.11.2020 r., akredytacje w odniesieniu do ISO/IEC 17025:2005 nie będą uznawane w ramach Porozumienia ILAC MRA i EA MLA [4].

Warto podkreślić, że dla każdego laboratorium istotnym elementem jest aktualny stan wdrożenia normy PN-EN ISO/IEC 17025 - czy laboratorium wdrożyło wcześniejsze wydanie normy czy dopiero planuje wdrożenie nowej normy.

Istotnym czynnikiem wpływającym na formę wdrożenia nowej normy jest także struktura laboratorium - czy funkcjonuje ono jako oddzielna organizacja czy jest elementem większej struktury. Zakres podejścia do budowy systemu zarządzania w laboratorium, jego dostosowania do wymagań precyzyjnie określono w rozdziale 8 normy i w załącznikach.

Literatura

- [1] Brauning Roger M. Risk Management for the New ISO/IEC 17025 Standard American Association for Laboratory Accreditation Frederick, Maryland April 20, 2017.
- [2] Handbook ISO/IEC 17025:2017 Eurolab.
- [3] ILAC Resolution GA 20.15, EA Resolution 2016 (38) 23.
- [4] Komunikat nr 243 z dnia 12.12.2017 r. w sprawie wprowadzenia zmian w wymaganiach akredytacyjnych dla laboratoriów, wynikających z opublikowania normy ISO/IEC 17025:2017, Polskie Centrum Akredytacji, Warszawa 2017.
- [5] Madejczyk W., Orzech Ł., Zając R.: Zintegrowany system zarządzania w laboratoriach badawczych CMG KOMAG oraz nowe obszary badań akredytowanych. Maszyny Górnicze 2007 nr 1 str. 49-53.
- [6] Matras T.: Wdrażamy znowelizowane wymagania normy ISO/IEC 17025. Eurolab 2017 prezentacja. pdf
- [7] Norma PN-EN 45001:1993 Ogólne kryteria działania laboratoriów badawczych.
- [8] Norma PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [9] Norma PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [10] Przewodnik ISO/IEC Guide 99:2007 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM).
- [11] Raad voor Accreditatie Dutch Accreditation Council - RvA) Implementation of EN ISO/IEC 17025:2017. Document RvA-T049-UK Version 3, 17-5-2019.
- [12] Tugi H.: Podejście procesowe – nowe wyzwanie dla laboratoriów. Przegląd Ogólnopolski. 2018 nr 1.
- [13] Ustawa o systemie oceny zgodności z dnia 30 sierpnia 2002 r. Dz. U. Nr 43, poz. 489 r. 2002 z późn. zm.

- [14] What-are-the-key-changes-between-the-2005-and-2017-versions-of-the-iso-iec-17025-standard_615417E8CB4EB5041C2BA2F6D0FF8A50.pdf
- [15] Wierzowiecka J.: Zmiany w zarządzaniu akredytowanych laboratoriów dotyczące podejścia opartego na ryzyku W : Zeszyty Naukowe WSES w Ostrołęce 1/2018 (28), 54-65.
- [16] Wojaś G.: Nowelizacja normy ISO/IEC 17025 w świetle aktualnych wymagań dotyczących kompetencji laboratoriów badawczych. Badania Nieniszczące i Diagnostyka 2017 nr 3.
- [17] Zając R.: Formalne podstawy uznania kompetencji laboratorium badawczego – norma PN-EN ISO/IEC 17025:2005, Zarządzanie Jakością 2007 nr 1.
- [18] Zając R.: Podejście oparte na ryzyku w świetle wymagań normy PN-EN ISO 9001:2015-10, Maszyny Górnicze 2017 nr 3.
- [19] Zintegrowany System Zarządzania ITG KOMAG (materiały niepublikowane).

mgr inż. Romana Zając

rzajac@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Czy wiesz, że

..... America's Power - organizacja działająca w USA na rzecz promocji technologii tzw. czystego węgla - opublikowała w marcu 2019 roku swoją najnowszą białą księgę pod tytułem „Wartość węgla i narodowe instalacje wytwórcze energii oparte na węglu”. W dokumencie podkreślono znaczenie energetyki węglowej w sześciu głównych obszarach dotyczących systemu bezpieczeństwa energetycznego kraju. Należą do nich: zapewnienie niezawodności i odporności systemu energetycznego na zakłócenia, zagwarantowanie bezpieczeństwa paliwowego, tworzenie polityki bezpieczeństwa w sytuacjach kryzysowych, produkcja łatwo dostępnej energii elektrycznej, stosowanie zróżnicowanych form produkcji energii elektrycznej oraz wpływ energetyki na wspieranie bezpieczeństwa narodowego. Odniesiono się krytycznie do przedwczesnego wyłączania niektórych elektrowni węglowych oraz zaapelowano do polityków, by zintensyfikowali działania na rzecz tworzenia nowych instalacji energetycznych wykorzystujących technologie czystego węgla. Podkreślono wpływ takich przedsięwzięć na rozwój przyszłych pokoleń.

World Coal 2019 nr 3 s.5