MASZYNY GÓRNICZE

4/2016

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

MASZYNY GÓRNICZE
MINING MACHINES
4(148)2016

Kwartalnik naukowo-techniczny
Rok XXXIV, grudzień 2016

Zespół Redakcyjny:

Redaktor Naczelny:
dr inż. Antoni Kozieł

Z-ca Redaktora Naczelnego:
dr inż. Edward Pieczora

Sekretarz Redakcji:
mgr inż. Romana Zając

Redaktor statystyczny:
dr inż. Jarosław Tokarczyk

Redaktor językowy:
mgr Anna Okulińska

Redaktorzy tematyczni:
dr hab. inż. Beata Grynkiewicz-Bylina, prof. nadzw. w ITG KOMAG
prof. dr hab. inż. Adam Klich
prof. dr hab. inż. Zdzisław Kłeczek
prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński
dr hab. inż. Stanisław Szweda, prof. nadzw. w Pol. Śl.
prof. dr hab. inż. Teodor Winkler

Wydawca:
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
tel. 32 2374 528
fax 32 2374 304
http://www.komag.eu

Redakcja nie zwraca nadesłanych artykułów i nie odpowiada za treść ogłoszeń i reklam.

Wersję elektroniczną wydawanego kwartalnika należy traktować jako wersję pierwotną.

OPEN ACCESS

CC BY NC

ISSN 2450-9442

Szanowni Państwo

Kończy się rok 2016, rok wielu zmian, bardzo trudnych dla polskiego górnictwa. To kolejny rok, w którym producenci węgla ponieśli ogromne straty, związane przede wszystkim z niskimi cenami węgla na rynkach światowych. Kryzys w górnictwie odbija się szczególnie niekorzystnie w sektorze producentów maszyn i urządzeń dla górnictwa, którzy w przeciwieństwie do spółek węglowych nie mogą liczyć na pomoc ze strony państwa.
Wielu producentów, szczególnie małych i średnich, jest w bardzo trudnej sytuacji choćby ze względu na obowiązek uiszczania podatku od towarów i usług, przy jednocześnie wydłużonych okresach płatności ze strony spółek węglowych.
Rynek maszyn górniczych w Polsce będzie się kurczył, dlatego ich producenci będą musieli szukać innych rynków zbytu - albo poza górnictwem albo w innych krajach.
Oszczędności, niepewność i zwiększone ryzyko biznesowe, jak również niski poziom inwestowania, odbijają się na procesach innowacyjnych. Wiele ciekawych i przyszłościowych projektów nie jest realizowanych ze względu na brak środków finansowych. Szkoda, gdyż negatywne efekty takiego stanu rzeczy odczujemy w niedalekiej przyszłości. W wielu ośrodkach naukowych, pomimo powyższego, prowadzone są jednak prace badawcze nad rozwojem produktów służących bezpieczeństwu górnictwa, czego dowodem są kolejne przykłady, które prezentujemy w niniejszym wydaniu naszego kwartalnika.
Warto podkreślić, że w minionym roku zmieniliśmy formę udostępniania naszego kwartalnika i wydawane od ponad 35 lat czasopismo ukazuje się obecnie wyłącznie w wersji elektronicznej w formie Open Access. Zachęcając do zapoznania się z wynikami prac projektowych i badawczych oraz wdrożeniowych, w szczególności realizowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, mamy nadzieję, że znajdą one zastosowanie w polskim górnictwie. Jednocześnie pragniemy serdecznie podziękować autorom za współpracę i nadsyłane publikacje oraz recenzentom za podjęty trud opiniowania artykułów.

Z okazji zbliżającego się 2017 roku, w imieniu całego zespołu redakcyjnego Maszyn Górniczych, życzę wszystkim naszym partnerom naukowym i przemysłowym optymizmu, poczucia bezpieczeństwa i nadziei na lepsze jutro.

Życzę sukcesów w życiu prywatnym i naukowym oraz spełnienia planów i marzeń.

Redaktor Naczelny
dr inż. Antoni Kozieł

PROJEKTOWANIE I BADANIA

Malec M.: Komercjalizacja wyników badań naukowych i prac rozwojowych zrealizowanych w ITG KOMAG w 2016 roku 3

Madejczyk W., Niesyto H., Jendrysik S.: Modernizacja stanowiska badawczego Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG ……..…….….. 16

Budzyński Z., Polnik B.: Badania laboratoryjne ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych w aspekcie możliwości ich stosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego ……. 25

OBUDOWY ŚCIANOWE

Krauze K., Rączka W., Stopka G.: Zmechanizowana obudowa nowego typu do pokładów cienkich 34

TRANSPORT I ODSTAWA

Korolew W., Czerniak D., Szkudlarek Z.: Mobilne urządzenie typu MUC do oczyszczania środnika szyny trasy kolejek podwieszonych ……... 44

KOMBAJNY CHODNIKOWE

Miczyński R., Gągałka K.: Badania przemysłowe przekładni organu urabiającego kombajnu chodnikowego …… 58

NAPĘDY I UKŁADY NAPĘDOWE

Nieśpiałowski K., Kaczmarczyk K., Kozioł D.: Mechaniczny i hydrostatyczny układ przeniesienia napędu spalinowych lokomotyw dołowych ……..…... 71

SYSTEMY STEROWANIA, MONITORINGU I DIAGNOSTYKI

Polnik B.: Termowizyjny monitoring instalacji elektrycznych i rurociągowych w podziemiach kopalń ……..… 84

Szewerda K., Świder J., Herbuś K.: Koncepcja algorytmu sterowania wydajnością przenośnika ścianowego ……..…. 93

SYSTEMY INFORMATYCZNE I NARZĘDZIA INŻYNIERSKIE

Rogala-Rojek J.: Systemy informatyczne i narzędzia inżynierskie wspomagające procesy produkcyjne surowców mineralnych ……. 104

JAKOŚĆ, CERTYFIKACJA, NORMALIZACJA, ZARZĄDZANIE

Zając R.: Najważniejsze zmiany wprowadzone w normie ISO 9001:2015……. 116

DESIGNING AND TESTING

Malec M.: Commercialization of research and development projects' results completed by KOMAG in 2016 ……... 3

Madejczyk W., Niesyto H., Jendrysik S.: Modernization of test stand in the Laboratory of Tests at the KOMAG Institute of Mining Technology ……..…. 16

Budzyński Z., Polnik B.: Laboratory tests of lithium-iron-phosphate cells in the aspect of their use in areas threatened by methane and coal dust explosion hazard 25

LONGWALL ROOF SUPPORTS

Krauze K., Rączka W., Stopka G.: New type of powered roof support for thin seams 34

TRANSPORT AND CONVEYING SYSTEM

Korolew W., Czerniak D., Szkudlarek Z.: Mobile device of MUC type for cleaning the web of suspended monorail track 44

ROADHEADERS

Miczyński R., Gągałka K.: Industrial tests of gear of the roadheader's cutter head 58

DRIVERS AND DRIVE SYSTEMS

Nieśpiałowski K., Kaczmarczyk K., Kozioł D.: Mechanic and hydrostatic systems for drive transmission in diesel underground locomotive … 71

SYSTEMS FOR CONTROL, MONITORING AND DIAGNOSTICS

Polnik B.: Infrared monitoring of electric installations and pipelines in mine undergrounds 84

Szewerda K., Świder J., Herbuś K.: Concept of the algorithm controlling the output of AFC …. 93

INFORMATION TECHNOLOGY SYSTEMS AND ENGINEERING TOOLS

Rogala-Rojek J.: Information technology systems and engineering tools supporting the production lines of raw minerals 104

QUALITY, CERTIFICATION, STANDARIZATION, MANAGEMENT

Zając R.: Most important changes to the ISO 9001:2015 Standard …… 116

Komercjalizacja wyników badań naukowych i prac rozwojowych zrealizowanych w ITG KOMAG w 2016 roku

dr inż. Małgorzata Malec
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule przedstawiono działania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w zakresie komercjalizacji wyników badań naukowych i prac rozwojowych, zrealizowanych w 2016 roku. Omawiając ekosystem innowacji zwrócono uwagę na istotną rolę, jaką w procesach innowacyjnych odgrywa prosument. Zaproponowano, aby do oceny efektywności transferu innowacyjnych rozwiązań stosować metodę audytu technologicznego, która uwzględnia zarówno aspekty techniczne, finansowo-ekonomiczne, jak i stopień ryzyka.

Abstract:

Some activities of the KOMAG Institute of Mining Technology, in the domain of commercialization of research and development projects' results, realized in 2016, are presented. While describing the ecosystem of innovations special attention is paid to an essential role played by a prosumer. It is suggested to use a technological audit method for an assessment of efficiency of innovative solutions' transfer as it includes both technical, financial and economical aspects as well as a risk level.

Słowa kluczowe: komercjalizacja, innowacja, prosument, audyt technologiczny, maszyny górnicze

Keywords: commercialization, innovation, prosumer, technological audit, mining machines

1. Wprowadzenie

Instytut Techniki Górniczej KOMAG konsekwentnie realizuje strategiczny cel, jakim jest komercjalizacja wyników badań naukowych i prac rozwojowych, w szczególności w zakresie innowacyjnych rozwiązań maszyn i urządzeń górniczych. KOMAG, działając od 2010 roku jako instytut badawczy, prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe w obszarze mechanizacji procesów wydobywczych i przeróbczych w górnictwie oraz związanej z nimi ochrony środowiska i bezpieczeństwa pracy. Realizowane projekty ukierunkowane są na działalność naukową, badawczą i techniczną, której celem jest tworzenie i wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie systemów mechanicznych, mechatronicznych, ochrony środowiska, zwalczania zagrożeń, bezpieczeństwa pracy oraz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów.

Działania Instytutu KOMAG dobrze wpisują się w „Plan na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju", opracowany przez Ministerstwo Rozwoju, gdyż zgodnie ze stwierdzeniem Druckera P. [2] innowacja jest szczególnym narzędziem przedsiębiorców, za pomocą którego wprowadzają zmiany, stwarzając okazję do podjęcia nowej działalności gospodarczej lub świadczenia nowych usług. Działania związane z transferem innowacyjnych rozwiązań są miarą postępu technicznego, a ich intensyfikacja decyduje o atrakcyjności biznesowej produktu i zapewnia przewagę konkurencyjną. „Innowacja" oraz „innowacyjność" są słowami, które bardzo często pojawiają się w naszym otoczeniu. Dla przedsiębiorcy oraz naukowca istotny jest praktyczny wymiar innowacji, który powstaje w wyniku współdziałania nauki z biznesem. Źródłem innowacji jest transfer wyników badań naukowych i prac rozwojowych, który polega na przystosowaniu tych wyników do ich praktycznego wykorzystania. Zaktualizowana Regionalna Strategia Innowacji, obejmująca lata 2013-2020, zawiera wytyczne w zakresie komercjalizacji innowacyjnych rozwiązań. Zgodnie

z wytycznymi, regionalny system innowacji zostanie przekształcony w ekosystem innowacji, obejmujący następujące aspekty kreowania innowacji:

- wzajemne kształtowanie się procesów,
- generowanie rozwiązań, które nie są wyodrębnione pod względem funkcji, ale naturalnie przenikają się w układach tematycznych,
- współistnienie i współdziałanie autorów budujących relacje w różnych konfiguracjach w zależności od aspiracji oraz uwarunkowań wynikających z otoczenia.

Ekosystem cechuje się atmosferą i warunkami do tworzenia innowacji oraz zdolnością do samodoskonalenia. Generuje skoordynowane działania wzmacniające elementy i powiązania wewnętrzne, a z drugiej strony pozyskuje zasoby i rozwija powiązania na szerszą skalę, umiejętnie wykorzystując atuty i przewagi względem innych. W ekosystemach istotną rolę odgrywa prosument, czyli osoba lub organizacja, która ma szeroką wiedzę o produktach i usługach związanych z określoną marką czy sektorem gospodarczym. Rozwój rynków prosumenckich jest naturalną konsekwencją konieczności współpracy w procesach innowacyjnych na każdym ich etapie tj. od pomysłu poprzez projektowanie, rozwój, aż do wprowadzenia produktu na rynek. Zarówno producenci maszyn i urządzeń górniczych, bezpośrednio wdrażający innowacyjne rozwiązania, opracowane w Instytucie KOMAG, jak i kopalnie surowców mineralnych, jako użytkownicy innowacyjnych rozwiązań, należą do grupy prosumentów.

2. Efektywność procesów komercjalizacji wyników badań naukowych i prac rozwojowych

Efektywność transferu innowacyjnych rozwiązań oraz procesów komercjalizacji wyników badań naukowych i prac rozwojowych zależy od rodzaju i skuteczności powiązań między jednostką naukową a przedsiębiorstwem.

Nowe podejście do procesu wdrażania innowacyjnych rozwiązań opisali Kandybin A. i inni [3]. Uznali, że w procesie wdrażania innowacji należy uwzględnić ocenę ryzyka, dotyczącą podejścia negatywnego i neutralnego. Niezbędne jest uwzględnienie ryzyka technicznego i ryzyka rynkowego. Ryzyko techniczne wynika z możliwości popełnienia błędów projektowych w procesie konstruowania, awarii maszyn, nieodpowiedniej jakości produktu czy też niespełnienia norm technicznych. Ryzyko rynkowe jest związane z sytuacją gospodarczą oraz działaniem konkurencji. Decyzje związane z wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań maszyn i urządzeń górniczych wiążą się z wysokim stopniem ryzyka naukowo-technicznego, technicznego i rynkowego. W procesie komercjalizacji należy dokonywać oceny możliwości wdrożeniowych na poszczególnych etapach, tj. od koncepcji naukowej do upowszechniania rezultatów badań naukowych i prac rozwojowych [12].

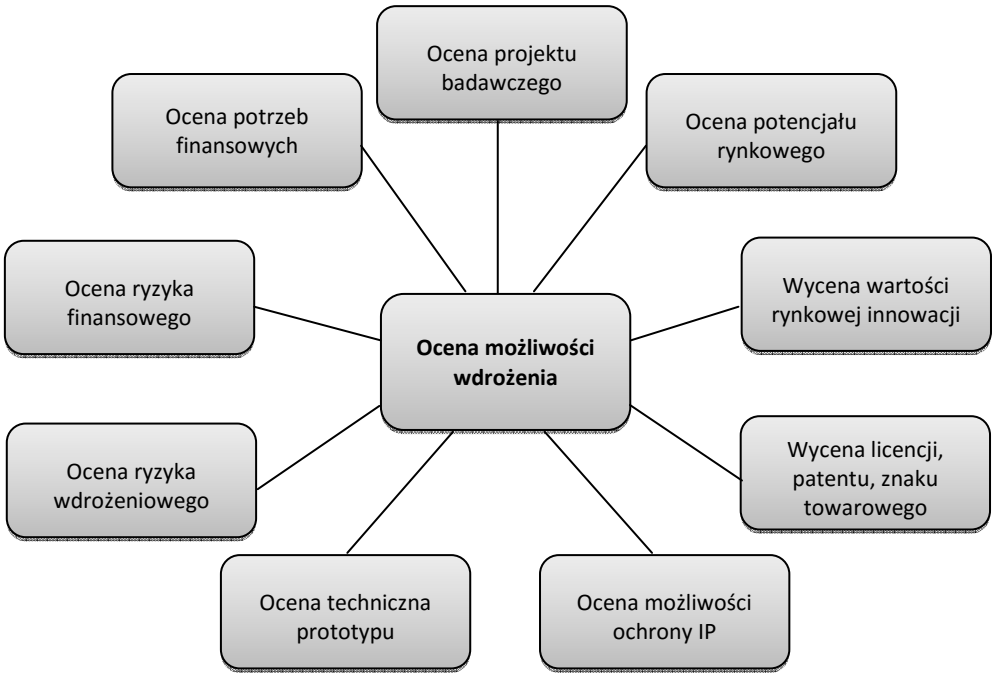
Instytuty badawcze realizują badania naukowe, prace rozwojowe i wdrożeniowe, które są istotne dla rozwoju gospodarki i społeczeństwa prosumenckiego. Ich działalność odgrywa ważną rolę w tworzeniu gospodarki opartej na wiedzy i innowacjach, stanowiąc pomost pomiędzy sferą nauki a przemysłem. Z efektów działalności instytutów badawczych korzystają w szczególności małe i średnie przedsiębiorstwa, których nie stać na posiadanie własnego zaplecza badawczo-rozwojowego.

„Innowacja tworzy zasoby. Jednak zasób nie istnieje, dopóki człowiek nie znajduje dla niego zastosowania i nie nada mu w ten sposób wartości ekonomicznej. Do tego momentu każda roślina jest tylko chwastem, a każdy minerał tylko kamieniem” [12].

3. Ocena efektywności procesu komercjalizacji wyników badań naukowych i prac rozwojowych

W literaturze, dotyczącej innowacji, zazwyczaj niewiele mówi się o działalności marketingowej w jednostkach sfery nauki, a trzeba podkreślić fakt, że działalność marketingowa odgrywa znaczącą rolę w procesach innowacyjnych. Za negatywne podejście należy uznać postrzeganie działalności innowacyjnej z perspektywy ponoszonych kosztów, a nie z perspektywy uzyskania przewagi konkurencyjnej, stanowiącej źródło zysku.

Stosuje się różne metody oceny skuteczności i efektywności transferu innowacyjnych rozwiązań. Jedną z nich jest audyt technologiczny, którego schemat przedstawia rysunek 1.



Rys.1. Audyt technologiczny [12]

Zdolność tworzenia wiedzy, a przede wszystkim jej przekształcania w nowe produkty, usługi i technologie decyduje o sukcesie rynkowym przedsiębiorstw i całej gospodarki. W tych warunkach kreatywność, innowacje i przedsiębiorczość stanowią rdzeń strategii rozwoju przedsiębiorstw. Jednocześnie w postrzeganiu innowacji i procesu innowacyjnego odchodzi się od pojedynczego zdarzenia na rzecz kompleksu zjawisk i zdarzeń tworzących nowe produkty, technologie i usługi. Jednocześnie należy stwierdzić, że działalność pro-innowacyjna ma charakter interdyscyplinarny, gdyż wymaga zaangażowania przedstawicieli nauki, techniki, produkcji i zarządzania.

Rolą środowiska naukowego jest przełożenie własnego potencjału intelektualnego na efekty wdrożeń innowacyjnych rozwiązań w formie korzyści finansowych, które można osiągnąć z ich komercjalizacji. Potwierdzeniem efektywnego transferu innowacyjnych

rozwiązań do praktyki przemysłowej są liczne wdrożenia opisane w kolejnych rozdziałach artykułu.

4. Nowe wdrożenia wzbogacalników pulsacyjnych typu KOMAG

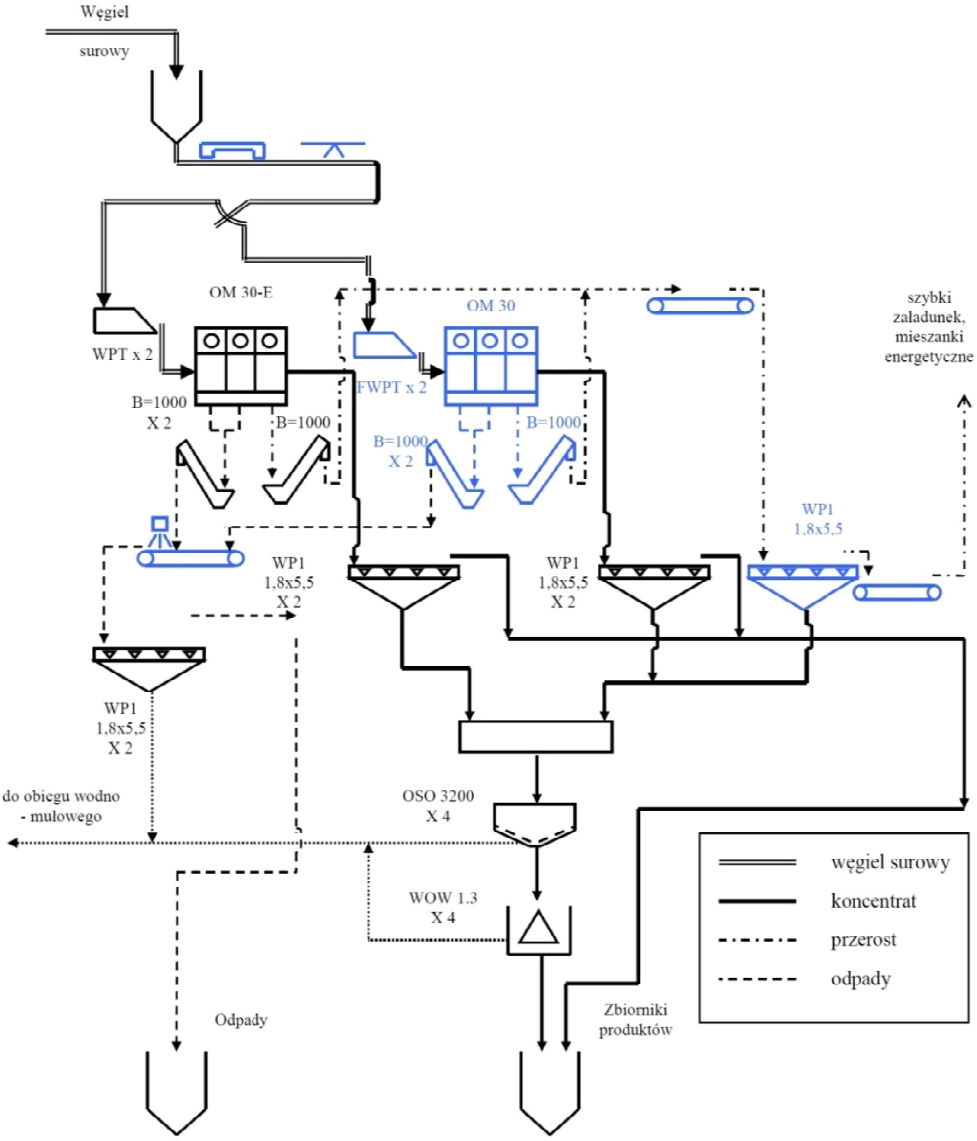
4.1. Modernizacja węzła osadzarkowego w KWK Sośnica

Wzbogacanie grawitacyjne w pulsacyjnym ośrodku wodnym jest jednym z najczęściej stosowanych procesów do rozdziału węgla kamiennego i innych surowców mineralnych stosowanych w naszym kraju. Ważnym działaniem w tym zakresie była modernizacja węzła osadzarkowego w KWK SOŚNICA polegająca na zamianie wyeksploatowanej, dwukorytowej, trójprzedziałowej osadzarki miałowej OM24D3E na osadzarkę typu OM30 wraz z urządzeniami współpracującymi. Osadzarka pulsacyjna OM30 (rys. 2), konstrukcji ITG KOMAG, jest zbudowana z trzech podwójnych przedziałów roboczych, o powierzchni użytkowej łoża 30 m^2, które wyposażono w podwójne zawory pulsacyjne, kolektor powietrza roboczego i sterującego oraz w zespoły odbioru produktów wzbogacania. Oba koryta są niezależnie zasilane powietrzem roboczym i wodą dolną. Osadzarka jest przeznaczona do wzbogacania węgla kamiennego o granulacji 20-0 mm [7, 8].

Rys. 2. Osadzarka OM30 [13]

Modernizacja węzła osadzarkowego w KWK SOŚNICA obejmowała węzeł podawania nadawy. Zainstalowano rozdzielacz w miejscu wysypu materiału z przenośnika taśmowego. Sposób rozdziału nadawy umożliwia jej podawanie na dodatkowy przenośnik transportujący materiał do osadzarki OM30-E lub zsuwnię bezpośrednio do dwudzielnego zbiornika buforowego osadzarki OM30 lub do obu osadzarek równocześnie [6, 8, 9]. Stacja rozdzielająca jest wyposażona w odpływ ścierów ze skrobaka, co umożliwia ominięcie węzła wzbogacania i odstawę węgla surowego na zwał. Stabilne wprowadzenie nadawy do osadzarki realizują dwa podajniki wibracyjne WPT2,6, zabudowane pod dwudzielnymi

zbiornikami. Po usunięciu osadzarki OS24D3E, skrócono przenośnik taśmowy odbierający produkt odpadowy i zainstalowano system WILPO C 532 hc do ciągłych pomiarów zawartości popiołu i wilgoci. Zainstalowano nowy przesiewacz WP1 i przenośnik transportujący odwodniony produkt pośredni, co umożliwia transportowanie „przerostu" do zbiorników. Rysunek 3 przedstawia schemat technologiczny zmodernizowanego węzła osadzarkowego w KWK SOŚNICA.



Rys. 3. Uproszczony schemat technologiczny osadzarkowego węzła wzbogacania – KWK SOŚNICA – stan po modernizacji [8]

Do sterowania węzłem osadzarkowym zastosowano opracowany w ITG KOMAG system KOGASTER, który umożliwia:

- sterowanie procesem pulsacji wody,
- automatyczną regulację odbioru produktów ciężkich,
- dobór zakresu otwarcia przepustów odprowadzania produktów ciężkich,
- monitorowanie działania osadzarki,
- pomiar i rejestrację monitorowanych parametrów.

4.2. Klasyfikator pulsacyjny K-102

Odpady kopalniane, powstałe w procesie przeróbki węgla kamiennego są magazynowane na składowiskach. Wieloletnie składowanie powoduje degradację środowiska naturalnego i stwarza wiele zagrożeń, m.in. pożary hałd oraz zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych. Teren, zajmowany przez składowiska odpadów, staje się nieużytkiem rolnym. Bezpośrednie wykorzystanie materiałów ze składowisk odpadów kopalnianych jest ograniczone zawartością ziaren organicznych. Wydzielenie ziaren organicznych, w tym węglowych, umożliwia poprawę jakości kruszywa i uzyskanie energetycznego koncentratu węglowego [8, 11]. Zadanie to realizuje klasyfikator pulsacyjny K-102 pokazany na rysunku 4.

Rys. 4. Klasyfikator pulsacyjny K-102 [13]

Badania skuteczności przemysłowego wzbogacania w klasyfikatorze pulsacyjnym K-102 przeprowadzono na składowisku odpadów pokopalnianych w Przezchlebiu. Analizy przeprowadzone przez Firmę RENT-POL Sp. z o.o., rekultywującą teren składowiska pokopalnianego, wykazały wysoką wartość opałową produktu wzbogacania oraz niską zawartość popiołu i siarki [5].

Badania przemysłowego rozdziału odpadów potwierdziły wysoką skuteczność procesu wzbogacania (I=0,124), potwierdzając możliwość uzyskiwania wymaganych parametrów jakościowych produktów rozdziału.

4.3. Wdrożenia maszyn i urządzeń przeróbczych

W 2016 roku w KWK SOŚNICA wdrożono dwukorytową osadzarkę OM30, natomiast w KWK KRUPIŃSKI – 6 sztuk jednokorytowej osadzarki OS-18. Łącznie uruchomiono 16 sztuk przenośników kubełkowych odwadniających: 3 sztuki w KWK SOŚNICA, 4 sztuki w KWK JANKOWICE, 9 sztuk w KWK KRUPIŃSKI. Przedmiotem wdrożenia w KWK KNURÓW była wirówka odwadniająca odśrodkowa NAEL, 2 młyny kulowe MK 900 x 180 w LW BOGDANKA, 7 sztuk wirówek odwadniających wibracyjnych

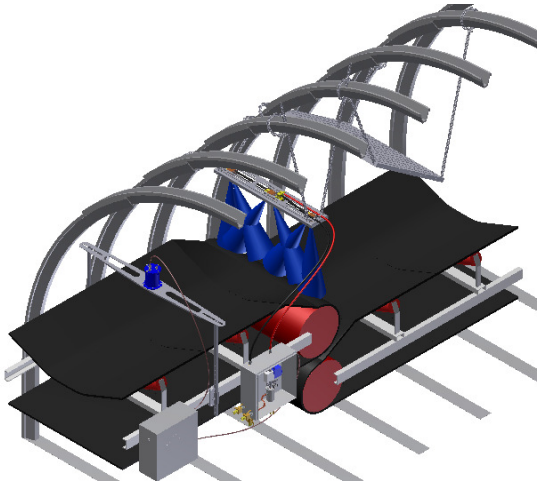
WOW 1.3/1.4 F w LW BOGDANKA (5 sztuk) oraz w KWK BORYNIA-ZOFIÓWKA-JASTRZĘBIE, Ruch ZOFIÓWKA i KWK BORYNIA. System automatycznego próbobrania wdrożono w EDF Rybnik (4 sztuki) oraz EC Gdańsk (2 sztuki).

5. Nowe urządzenia zraszające

W ITG KOMAG od kilku lat prowadzone są prace badawcze i rozwojowe w zakresie instalacji do zwalczania zapylenia. Wysoka skuteczność zwalczania zapylenia jest uzyskiwana dzięki odpowiedniemu doborowi parametrów powietrzno-wodnych strumieni zraszających. Technologia wytwarzania mgły wodnej obejmuje dobór dysz zraszających oraz parametrów ciśnienia wody w przypadku dysz jednoczynnikowych oraz ciśnienia wody i sprężonego powietrza w przypadku dysz dwuczynnikowych. Dotychczas wdrożono kilkadziesiąt instalacji zraszania powietrzno-wodnego dla kombajnów ścianowych typu KSW-460NE, KSW-880EU, KSW-1500 oraz dla kombajnów chodnikowych R-200 i R-130. Zdobyte doświadczenia umożliwiły zaprojektowanie systemów zraszających do zastosowania na przesypach przenośników taśmowych (BRYZA), w wyrobiskach górniczych (FOG) oraz w zakładach przeróbczych (PASAT) [1]. Rozwój konstrukcji dysz zraszających pozwolił na zastosowanie systemu w innych gałęziach przemysłu, np. w zakładach przeróbki drewna. Opracowano również urządzenie zamgławiające (OAZA), które będzie instalowane jako kurtyna zraszająca na skwerach, placach czy przystankach w celu zwiększenia komfortu ludzi podczas upałów. Nowym obszarem zastosowania technologii wytwarzania mgły wodnej jest instalacja do redukcji odorów w zakładzie unieszkodliwiania odpadów (DINO). Dzięki rozpyleniu środka antyodorowego w formie mgły, cząstki preparatu neutralizującego łączą się z cząsteczkami odorów [1].

5.1. System zraszania BRYZA

System BRYZA powstał w wyniku współpracy z Firmą ELEKTRON S.C. Charakteryzuje się wysoką niezawodnością, prostą budową oraz uniwersalnością, a także małym zużyciem wody zraszającej, wynoszącym ok. 0,5 dm^3/min dla instalacji składającej się z 4-6 dysz. Zraszacz jest wyposażony w trzy głowice zasilające z trzema dyszami powietrzno-wodnymi. Zwilżone cząsteczki pyłu, przemieszczające się z prądem powietrza w kierunku kraty, uderzają w przegrodę, gdzie odkładają się w postaci szlamu. Uniwersalność systemu pozwala na zastosowanie automatycznego sterowania (rys. 5).



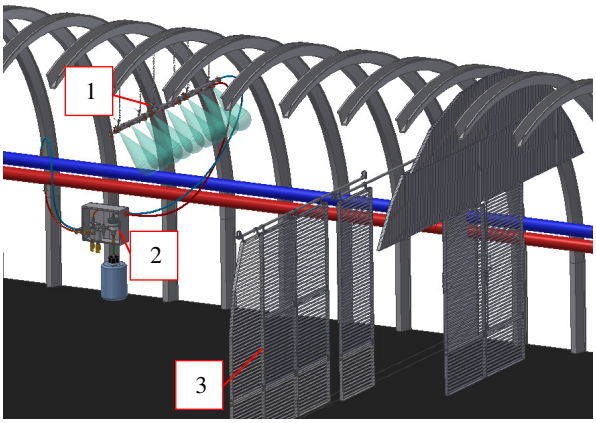
Rys. 5. System zraszania przenośników BRYZA z ultradźwiękowym czujnikiem nadawy [1]

System zraszania BRYZA osiąga 90% skuteczność redukcji zapylenia, co zostało potwierdzone podczas badań dołowych w LW BOGDANKA.

5.2. System zraszania FOG

System FOG umożliwia redukcję zapylenia w wyrobiskach korytarzowych. Działanie urządzenia polega na wytworzeniu kurtyny z mgły wodnej w taki sposób, aby przemieszczający się pył łączył się z rozpylonymi kroplami wody, powodując ich opadanie. Zużycie wody nie przekracza 1,5 dm^3/min, a sprężonego powietrza 250 dm^3/min.

Chodnikowe urządzenie zamgławiające FOG pokazano na rysunku 6. Urządzenie jest wyposażone w kolektor (poz. 1), zespół zasilająco-dozujący (poz. 2) oraz dodatkowe kraty żaluzjowe (poz. 3), ustawione labiryntowo na określonej długości wyrobiska korytarzowego.

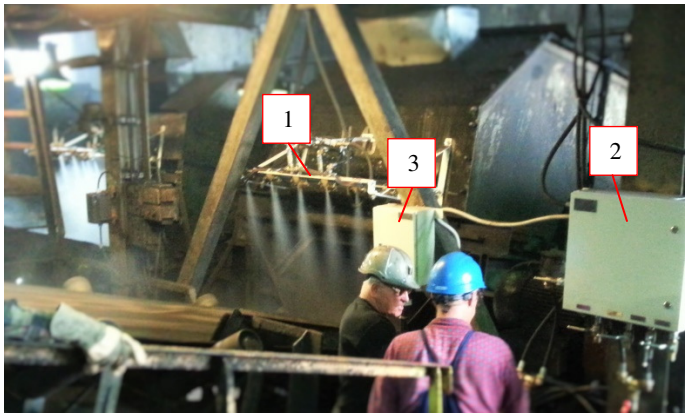


Rys. 6. Chodnikowe urządzenie zamgławiające [1]

Badania dołowe systemu FOG wykazały spadek zapylenia o 40-50%, zwiększając jednocześnie wilgotność spągu oraz ociosów wyrobiska na długości ok. 100 m.

5.3. System mgłowy PASAT

System mgłowy PASAT, przedstawiony na rysunku 7, jest przeznaczony dla zakładów przeróbczych węgla [1].



Rys. 7. System mgłowy PASAT [1]

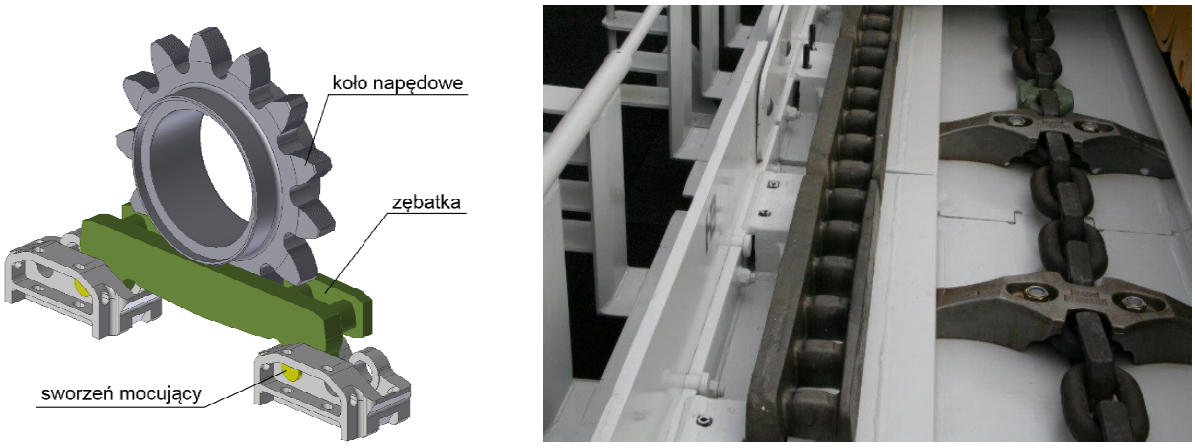
Składa się z trzech baterii zraszających (poz. 1), instalowanych na wylocie z przesypu. Strumienie mgły wytwarzane przez jedną z baterii są skierowane do wnętrza obudowy przesypu, co umożliwia redukcję pyłu w miejscu jego powstawania. Kolejne dwie baterie, skierowane w stronę wylotu taśmy przenośnika z obudowy przesypu, wytrącają pozostałe cząsteczki pyłu. Woda oraz sprężone powietrze są dostarczane z zespołu zasilania (poz. 2). Sterowanie, realizowane w skrzyni (poz. 3), polega na automatycznym załączaniu baterii zraszających podczas ruchu przenośnika zgrzebłowego i przenośnika taśmowego odbierającego węgiel [1]. Załączenie systemu następuje, gdy parametry ciśnienia wody i sprężonego powietrza wynoszą od 0,2 do 0,6 MPa. Zużycie wody wynosi 1,5 dm^3/min, co nieznacznie wpływa na zawilgocenie transportowanego urobku oraz powietrza.

5.4. Wdrożenia urządzeń zraszających

W 2016 roku wdrożono wysokomgłowy system zraszania FOG w KWK MYSŁOWICE WESOŁA oraz w KWK SOŚNICA, system zraszania kombajnu chodnikowego typu KPD w KWK JAS-MOS, natomiast ścianowy system zraszania typu KOMAG – w ZG SOBIESKI.

6. Innowacyjny system posuwu FLEXTRACK

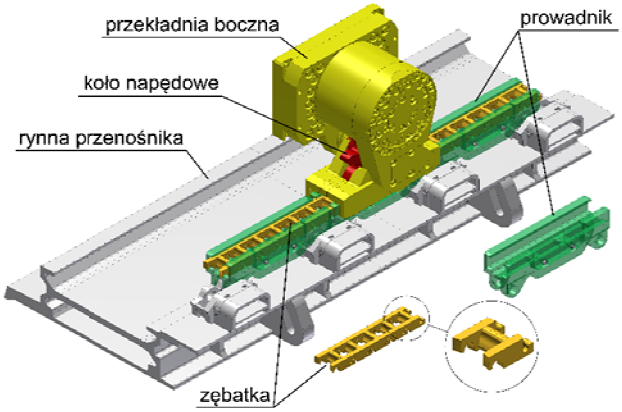
W polskich kopalniach węgla kamiennego powszechnie stosowanym systemem posuwu kombajnów ścianowych jest system EICOTRACK. Przemieszczenie maszyny urabiającej odbywa się dzięki współpracy pionowo usytuowanych kół napędowych z drabinką usytuowaną poziomo w zastawce przenośnika (rys. 8).



Rys.8. System posuwu Eicotrack [10]

Segmenty drabinek są mocowane do wsporników zastawek. Do zalet systemu EICOTRACK należy zaliczyć prostą konstrukcję, niski koszt wykonania oraz łatwy montaż. Wadą tego rozwiązania jest szybkie zużywanie się zębów kół napędowych z powodu sztywnej konstrukcji drabinek oraz sztywnego ich mocowania do zastawek przenośnika, co powoduje konieczność wykonywania prac naprawczych w trudnych warunkach górniczych. Z przeprowadzonej w ITG KOMAG analizy naprężeń wynika, że podczas pracy tego systemu występuje przekroczenie granicy plastyczności materiału, z którego jest wykonane koło napędowe. W przypadku wygięć przenośnika podczas zawrębiania kombajnu lub pofałdowania pokładu występuje tzw. krawędziowanie zęba koła napędowego oraz dochodzi do zaburzenia podziałki [10].

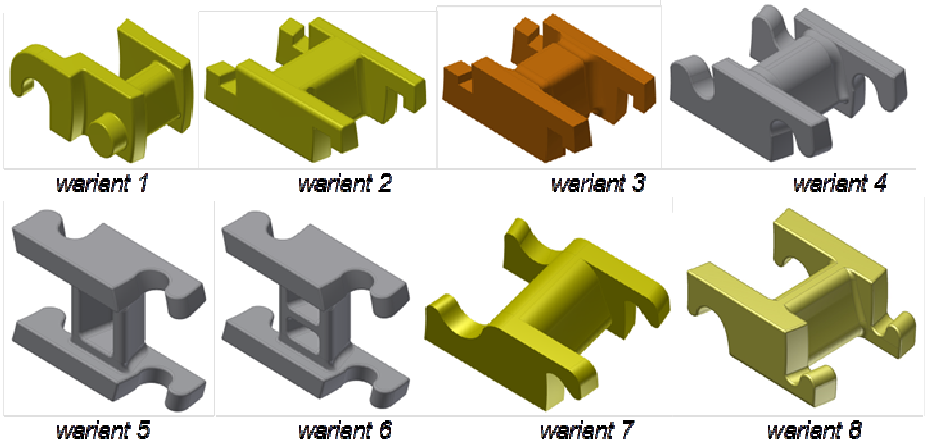
Specjaliści z Instytutu KOMAG, wspólnie z naukowcami z Akademii Górniczo-Hutniczej oraz Firmy SPECODLEW Sp. z o.o., w ramach projektu, dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, podjęli próbę opracowania innowacyjnego systemu posuwu, w którym wyeliminowano wady systemu EICOTRACK. Opracowano system FLEXTRACK, który składa się z segmentów zębatki modułowo umieszczonych w prowadniku (rys. 9). Koło napędowe ciągnika współpracuje z zębatką, przetaczając się po niej [10].



Rys. 9. System posuwu FLEXTRACK [10]

Zębatkę tworzą jednakowe segmenty, zawierające jeden ząb i dwie ściany boczne, posiadające bieżnie o kształcie kulistym. Dzięki temu rozwiązaniu nie występuje zmiana podziałki między zębami. Zastosowano zęby o wklęsłej walcowej powierzchni bocznej, zamiast dotychczas stosowanego zarysu wypukłego, co przyczyniło się do zmniejszenia nacisków między zębem koła napędowego a drabinką.

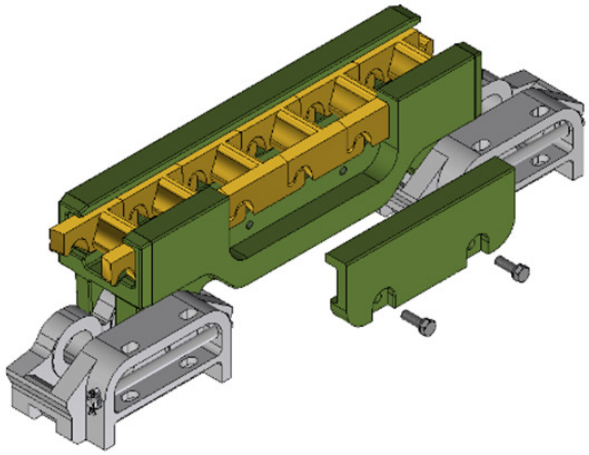
Analizowano osiem wariantów rozwiązań konstrukcyjnych zębatki, zilustrowanych na rysunku 10.



Rys. 10. Wariantowe koncepcje segmentu zębatki [10]

W wyniku przeprowadzonych analiz dla materiałów odlewniczych, których granica plastyczności przekracza 1100 MPa wybrano wariant 8.

Rozważano pięć koncepcji prowadnika. Mając na uwadze względy funkcjonalne, wybrano prowadnik jednoelementowy (5 wariant), pokazany na rysunku 11.



Rys. 11. Wariant prowadnika wybrany do dalszych prac [10]

Wariantowe rozwiązania segmentów zębatki oraz prowadników poddano zarówno statycznym analizom wytrzymałościowym, jak i analizom quasi-dynamicznym z wykorzystaniem obliczeń numerycznych metodą elementów skończonych.

Kolejne etapy projektu obejmowały dobór materiałów i technologii wykonania odlewów elementów systemu FLEXTRACK. Badania stanowiskowe systemu FLEXTRACK przeprowadzono we współpracy z Firmą KOPEX Machinery. Uzyskane wyniki porównano z wynikami badań systemu EICOTRACK [4]. Badania prawidłowości współpracy elementów systemu posuwu EICOTRACK i FLEXTRACK z kołami trakowymi kombajnu ścianowego zrealizowano dla prostej trasy przenośnika oraz trasy wygiętej w płaszczyźnie poziomej i pionowej, przy przejeździe maszyny bez obciążenia oraz z obciążeniem i porównywalnej wartości prędkości posuwu. Dokonano pomiarów wartości naprężeń w elementach obu systemów posuwu. Stwierdzono, że w przypadku systemu FLEXTRACK zużywały się przede wszystkim segmenty zębatek, natomiast w systemie EICOTRACK występowało zużycie poprzeczek, drabinek oraz górnych płaszczyzn prowadnika. Nie zaobserwowano oznak zużycia kół trakowych podczas badania systemu FLEXTRACK, natomiast w systemie EICOTRACK widoczne było wycieranie i szlifowanie bocznych krawędzi zębów.

Na podstawie analizy wyników badań można stwierdzić, że innowacyjny układ posuwu FLEXTRACK jest korzystniejszym rozwiązaniem niż obecnie stosowany system posuwu EICOTRACK. Zastąpienie sztywnych segmentów zębatką składającą się z segmentów pojedynczych zębów, połączonych ze sobą kształtowo, umożliwiło uzyskanie podatności zębatki, która dostosowuje się do kształtu trasy przenośnika. Konstrukcja systemu posuwu FLEXTRACK umożliwia samoczynne usuwanie zanieczyszczeń, jakie mogą występować podczas eksploatacji.

7. Podsumowanie

Mimo trudnej sytuacji przemysłu górniczego w Polsce, Instytut Techniki Górniczej KOMAG wdrożył w 2016 roku wiele nowych, innowacyjnych rozwiązań maszyn i urządzeń przyczyniających się do zwiększenia efektywności procesu produkcji węgla oraz do poprawy bezpieczeństwa i komfortu pracy górników.

Konsekwentnie wdrażano narzędzia stymulujące działalność w kierunkach zgodnych z celami polityki naukowej Państwa oraz Czwartej Rewolucji Przemysłowej (Industry 4.0). W tym zakresie prace naukowe i badawczo-rozwojowe były ukierunkowane na realizację idei inteligentnych maszyn górniczych. Rozpoczęto prace związane z Internetem Rzeczy (IoT – Internet of Things) oraz z komunikacją maszyny do maszyny (M2M – machine to machine). Kontynuowano projekty o charakterze badawczo-rozwojowym w zakresie przetwarzania danych w czasie rzeczywistym, czyli tzw. Big Data.

Literatura

[1] Bałaga D., Kalita M., Siegmund M.: Nowe urządzenia zraszające. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo-Efektywność-Niezawodność KOMTECH 2016, Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice. ITG KOMAG 2016, s. 52-62

[2] Drucker P.: Innowacje i przedsiębiorczość, PWE, Warszawa, 1992. str. 39

[3] Kandybin A.: The Promise of In-Market Innovation, http://www.strategy-business.com/li/leading ideas/li00127, 3 października 2011 r.

[4] Kotwica K., Gospodarczyk P., Mendyka P., Stopka G., Pieczora E.: Wyniki badań stanowiskowych innowacyjnego systemu posuwu FLEXTRACK. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo-Efektywność-Niezawodność KOMTECH 2016, Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice. ITG KOMAG 2016, s. 28-51

[5] Kowol D., Matusiak P.: Możliwość zastosowania klasyfikatora pulsacyjnego do rewitalizacji składowisk odpadów kopalnianych. Innowacyjne rozwiązania rewitalizacji terenów zdegradowanych, t. 8. W: Praca zbiorowa pod redakcją naukową Jana Skowronka, Instytut Terenów Uprzemysłowionych, Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o., Katowice 2016, s. 163-172

[6] Król J., Krzak Ł., Jendrysik S., Stankiewicz K., Woszczyński M.: Wdrożenie układu sterowania węzłem osadzarkowym w KWK SOŚNICA W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo-Efektywność-Niezawodność KOMEKO 2016, Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice. ITG KOMAG 2016, s. 227-237

[7] Matusiak P., Kowol D.: Zastosowanie osadzarkowego procesu wzbogacania do odzysku surowca ze składowiska odpadów górniczych, Mining Science. Mineral Aggregates, 2016 nr 1, s. 115-125

[8] Matusiak P., Kowol D., Łagódka M.: Nowe wdrożenia wzbogacalników pulsacyjnych typu KOMAG, W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo-Efektywność-Niezawodność KOMEKO 2016, Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice. ITG KOMAG 2016, s. 175-189

[9] Matusiak P., Kowol D., Suszka F., Król J., Szemet J., Zwiększenie efektywności działania węzła osadzarkowego Zakładu Przeróbczego KWK SOŚNICA-MAKOSZOWY, Ruch SOŚNICA. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo-Efektywność-Niezawodność KOMEKO 2015 Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice. ITG KOMAG 2015, s. 23-37

[10] Pieczora E., Mazurkiewicz A., Tarkowski A., Zachura A., Innowacyjny system posuwu FLEXTRACK – koncepcja i wirtualne prototypowanie. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo-Efektywność-Niezawodność KOMTECH 2015. Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice. ITG KOMAG 2015 s. 210-222

[11] Różański Z., Suponik T., Matusiak P., Kowol D., Szpyrka J., Mazurek M., Wrona P.: Coal recovery from a coal waste dump, MEC 2016, Mineral Engineering Conference, Świeradów Zdrój

[12] Trzmielak D.: Knowledge and Technology Transfer from Academia to Business – Polish Perspectives, Value – Added Partnership and Innovation in the Changing World, red. M. van Geenhuizen, D. Trzmielak, D. Gibson, M. Urbaniak, Pardue

[13] Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG

Czy wiesz, że ....

…przykładem uniwersalnego systemu monitorująco-sterującego dla podziemnego górnictwa węglowego jest system SMOK-2 firmy Somar. Wersja tak oznaczona stanowi kolejną modyfikację systemu SMOK-1, wdrażanego w kopalniach od roku 2000. Zespoły wchodzące w skład aparatury spełniają funkcje zbierania, przetwarzania i przekazywania danych. SMOK-2 może być rozszerzony o systemy nadzoru wizyjnego o jakości HD. Jego najważniejszym elementem są kamery iskrobezpieczne z rodziny KTi-2, KTi-3 oraz KTi-5, które charakteryzują się dużą czułością (0,01 lux), niewielkimi gabarytami i masą oraz niewielkim poborem mocy z zasilacza iskrobezpiecznego.

Powder & Bulk 2016 nr 7 s.24-27

Modernizacja stanowiska badawczego Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

dr inż. Włodzimierz Madejczyk
mgr inż. Hubert Niesyto
mgr inż. Sebastian Jendrysik
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule przedstawiono wyniki modernizacji stanowiska badawczego do badań sekcji obudowy zmechanizowanej Laboratorium Badań w ITG KOMAG w zakresie sprzętowym i programowym. Umożliwiła ona bezpieczne oraz zdalne sterowanie stanowiskiem i prowadzenie badań zmęczeniowych z możliwością ciągłej rejestracji mierzonych parametrów. Modernizacja przyczyniła się do rozszerzenia zakresu prowadzonych badań.

Abstract:

The results of modernization of the stand for testing the powered-roof support in the KOMAG's Laboratory of Tests, regarding hardware and software, are presented. The modernization enabled safe and remote control of test stand as well as carrying out the fatigue tests with continuous recording of measured parameters. It contributed to extension of the scope of tests.

Słowa kluczowe: badania sekcji obudowy zmechanizowanej, modernizacja stanowiska

Keywords: tests of powered-roof support, modernization of test stand

1. Wprowadzenie

Baza badawcza Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG podlega ciągłej modyfikacji i zmianom w celu dostosowania jej do potrzeb związanych z rozwojem maszyn i urządzeń dla górnictwa.

Intensywna eksploatacja stanowisk badawczych w okresie ostatnich lat, a jednocześnie stały postęp w zakresie systemów sterowania oraz nowe potrzeby rynkowe skłoniły do modernizacji stanowiska do badań sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 1) w zakresie prób zmęczeniowych, a tym samym rozszerzenia zakresu prowadzonych badań.

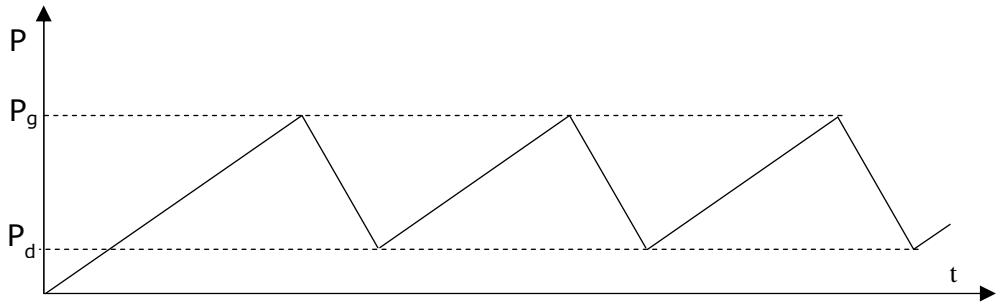
Rys. 1. Stanowisko do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej [1]

Modernizację w zakresie sprzętowym i programowym przeprowadzono w dwóch etapach:

- etap 1: rozszerzenie funkcjonalności stanowiska do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej,
- etap 2: wymiana panelu operatorskiego i aplikacji wizualizacyjnej.

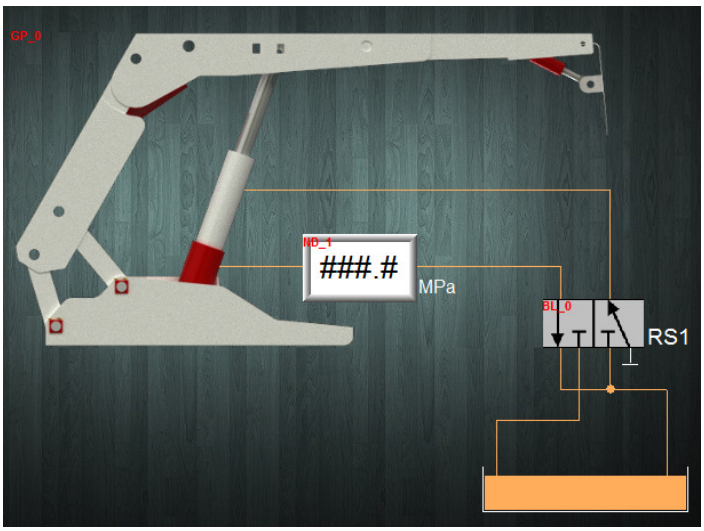
2. Rozszerzenie funkcjonalności stanowiska do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej

W stanowisku badawczym przeprowadzane są badania sekcji obudowy zmechanizowanej, w celu sprawdzenia wymagań bezpieczeństwa, przy obciążeniu statycznym oraz próby zmęczeniowe, realizowane wg procedur zawartych w normie PN-EN 1804-1+A1:2011 oraz uzgodnionych z klientami. Wg ww. normy wymagana liczba cykli obciążenia wynosi 26000, dla sekcji dwustojakowej i 30000 dla sekcji czterostojakowej. Przebieg zmian ciśnienia w stojakach sekcji obudowy podczas prób zmęczeniowych przedstawiono schematycznie na rysunku 2.



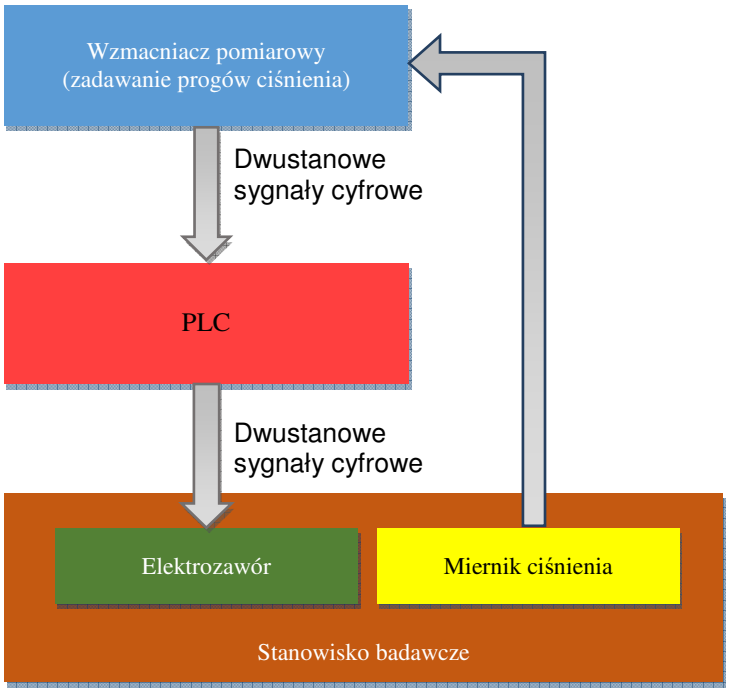
Rys. 2. Zmiana ciśnienia w stojakach podczas próby zmęczeniowej sekcji obudowy [2]

Uzyskanie takiego przebiegu było dotychczas realizowane za pomocą jednego zaworu elektrohydraulicznego, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 3.



Rys. 3. Układ do badania wytrzymałości zmęczeniowej sekcji obudowy w przypadku realizacji przebiegu przedstawionego na rysunku 2 [2]

Próbę rozpoczyna zadanie progów ciśnienia P_d i P_g. Przesterowanie zaworu RS1 powoduje wtłaczanie cieczy do przestrzeni podtłokowej stojaków obudowy. Po uzyskaniu progu ciśnienia P_g zawór zostaje ponownie przesterowany, co powoduje wypływ cieczy do zbiornika i spadek ciśnienia do poziomu P_d. Informacja o uzyskaniu progów ciśnienia P_d i P_g, przekazywana jest z układu pomiarowego do sterownika PLC, który realizuje przesterowanie zaworu elektrohydraulicznego, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat sterowania badaniami zmęczeniowymi (przed modernizacją) [2]

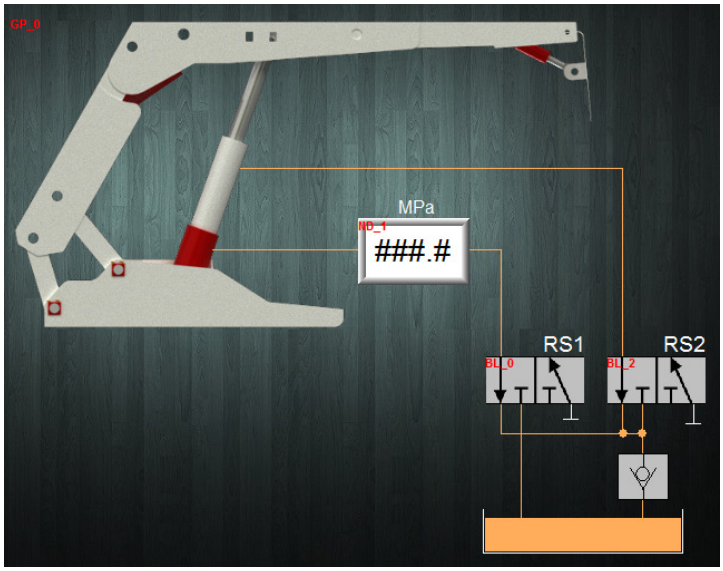
W przedstawionym rozwiązaniu progi ciśnienia P_d i P_g, ustawiane są za pomocą sygnałów ze wzmacniacza pomiarowego, który za pomocą wyjść dwustanowych przekazuje informację do sterownika PLC o konieczności przesterowania elektrozaworu.

Zapotrzebowanie użytkowników na wykonywanie badań zmęczeniowych w liczbie 40 000 cykli obciążenia sekcji, w zakresie od ciśnienia minimalnego do maksymalnego, z koniecznością utrzymania ciśnienia minimalnego i maksymalnego przez 5 sekund wymusiły konieczność modernizacji stanowiska badawczego.

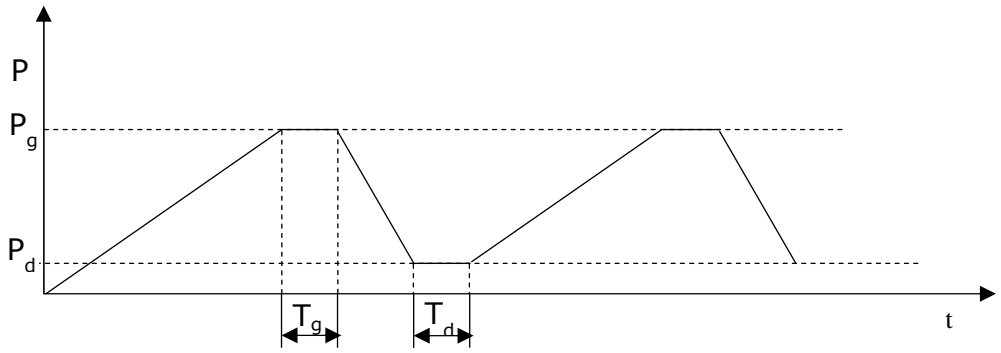
Przewidziano zmiany w układzie hydraulicznym stanowiska do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej i specjalistycznego oprogramowania, które zaimplementowano w sterowniku PLC sterującym jego pracą.

Zmiany w układzie hydraulicznym stanowiska polegały na zainstalowaniu drugiego elektrozaworu hydraulicznego i zaworu zwrotnego utrzymującego ciśnienie, pomimo wyłączenia obydwu elektrozaworów (rys. 5).

Modernizacja algorytmu wykonywania próby wytrzymałości zmęczeniowej sekcji obudowy, polegała na umożliwieniu utrzymania przez zadany czas, stałej wartości ciśnienia, na poziomie zadanych wartości progów P_d i P_g. Wymagany przebieg ciśnienia przedstawiono na rysunku 6.

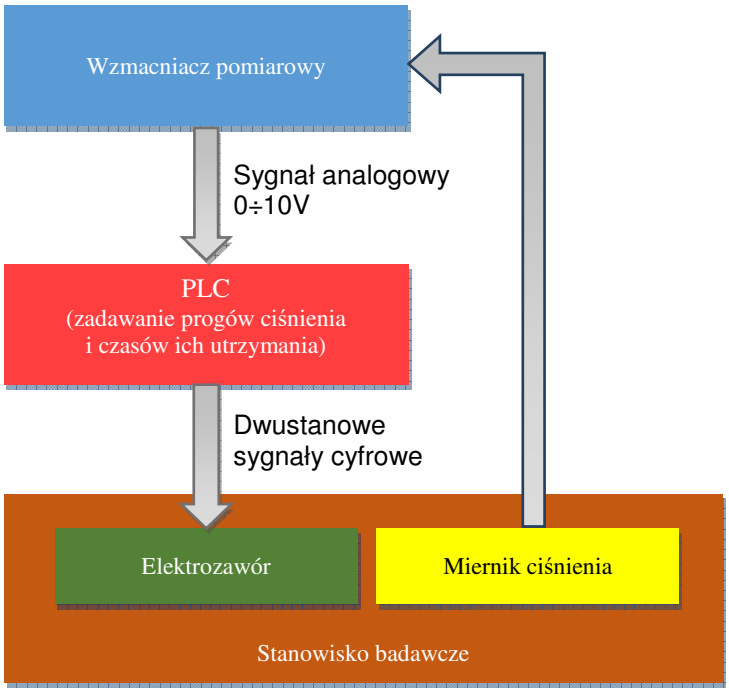


Rys. 5. Zmodernizowany układ do badania wytrzymałości zmęczeniowej sekcji obudowy [2]



Rys. 6. Wymagany przebieg ciśnienia w stojakach, realizowany przez zmodernizowany układ zasilania hydraulicznego [2]

Zmieniono również sposób wprowadzania wartości parametrów cyklu obciążenia sekcji. Zarówno progi ciśnienia P_d i P_g, jak również czasy ich utrzymania T_d i T_g, wprowadza się obecnie z panelu operatorskiego zgodnie ze schematem pokazanym na rysunku 7. Sygnały ze wzmacniacza pomiarowego nie służą już do przełączania elektrozaworów hydraulicznych, a jedynie do przetwarzania sygnału z przetwornika na sygnał 0÷10V.



Rys. 7. Schemat sterowania badaniami zmęczeniowymi (po modernizacji) [2]

Wartość ciśnienia rejestrowana podczas próby, przekazywana jest do sterownika PLC w postaci sygnału analogowego, a w sterowniku wartość ta porównywana jest z wartościami ustawionych progów ciśnienia.

3. Modernizacja panelu operatorskiego i aplikacji wizualizacyjnej

W ramach prac modernizacyjnych dokonano również wymiany panelu operatorskiego na nowszy, umożliwiający wykorzystanie protokołu komunikacyjnego Modbus. Zastosowanie ww. protokołu umożliwiło opracowanie nowej aplikacji wizualizacyjnej, zastępującej obecnie używany system wizualizacji Citect.

Na rysunku 8 przedstawiono zdjęcie pulpitu z zainstalowanym nowym panelem operatorskim.

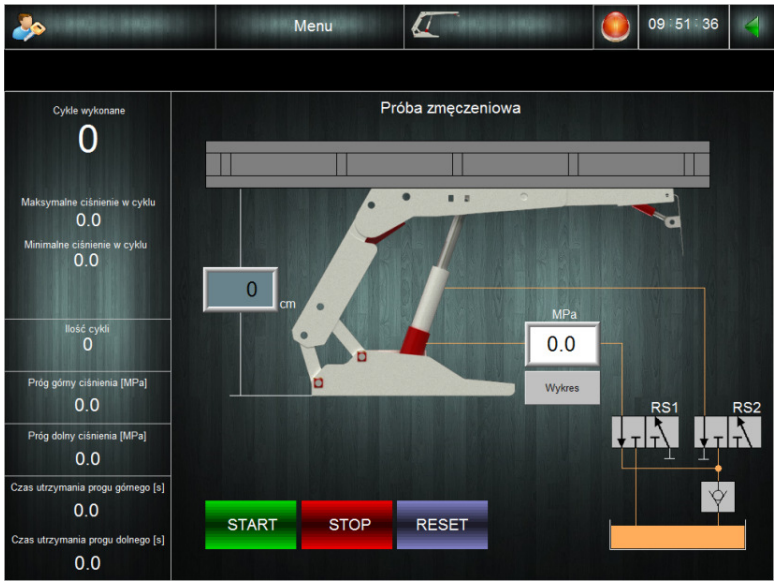
Rys. 8. Pulpit sterowniczy systemu sterowania stanowiskiem do badań wytrzymałości sekcji obudowy zmechanizowanej [1]

Panel operatorski zapewnia tekstową i graficzną sygnalizację alarmową oraz możliwość obserwowania przebiegu próby w formie zestawienia parametrów lub wykresów przebiegów czasowych. System logowania umożliwia przydzielenie dostępu uprawnionym pracownikom do zaawansowanych funkcji sterowniczych i nastaw parametrów procesu. W panelu przewidziano m.in. elementy do realizacji przesterowania trawers i stropu stanowiska badawczego (rys. 9).

Rys. 9. Ekran panelu operatorskiego wyświetlany w czasie sterowania stropem stanowiska [3]

W zakresie badań sekcji obudowy zmechanizowanej, w systemie wyróżniono dwie próby badawcze: zmęczeniową i statyczną.

Grafika przedstawiona na rysunku 10, wyświetlana na panelu pulpitu, służy do sterowania próbą zmęczeniową.



Rys. 10. Ekran próby zmęczeniowej sekcji obudowy zmechanizowanej [3]

Po montażu sekcji obudowy w stanowisku, a przed rozpoczęciem prób, należy wpisać do systemu nazwę badanej sekcji i wariant próby. Dane te służą do skatalogowania próby w aplikacji wizualizacyjnej.

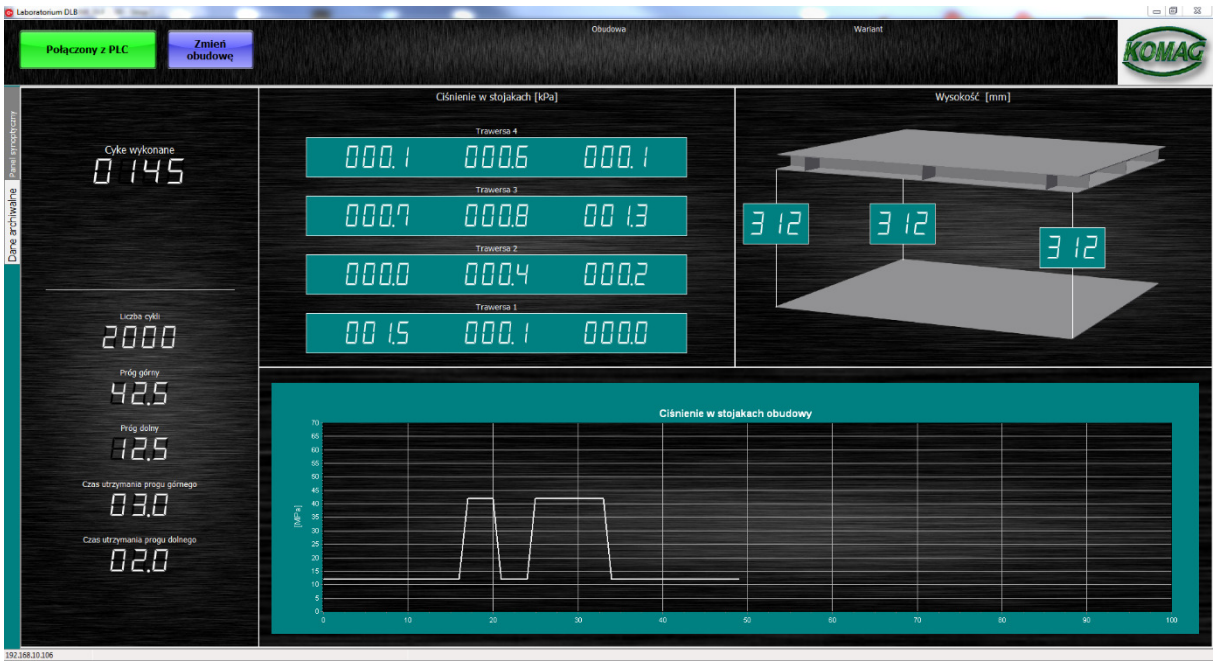
Próba rozpoczyna się, jeżeli liczba cykli obciążenia do wykonania zadeklarowana w systemie jest większa od liczby cykli zadanych. Następnie czynnik roboczy wtłaczany jest do siłowników badanej sekcji. System automatycznie sprawdza czy ciśnienie w układzie zwiększa się (nie zwiększanie ciśnienia może być spowodowane zanikiem zasilania z pompy lub wyciekiem w układzie). Jeżeli ciśnienie nie zwiększa się lub jego przyrost jest wolniejszy od minimalnego, zadeklarowanego w próbie, następuje przerwanie sekwencji z odpowiednim komunikatem na panelu operatorskim. Jeżeli zadane ciśnienie (próg górny) jest osiągnięte, system przełącza zawór i następuje faza spadku ciśnienia, która trwa do momentu osiągnięcia wartości ciśnienia zadeklarowanego jako próg dolny. Próba kończy się w chwili wykonania wszystkich cykli zadeklarowanych w systemie.

Grafika przedstawiona na rysunku 11, wyświetlana na panelu, jest używana do sterowania próbą statyczną.

Rys. 11. Ekran próby statycznej [3]

Próba statyczna wykonywana jest przez operatora ręcznie i polega na obciążeniu badanej sekcji, aż do osiągnięcia zadanej wartości ciśnienia. Operator, korzystając z tabeli widocznej na ekranie panelu może zadeklarować wartości ciśnienia, które należy uzyskać w próbie. Wprowadza się je podając wartości mnożników ciśnienia roboczego.

Aplikację wizualizacyjno-archiwizującą zainstalowano na komputerze PC połączonym z pulpitem sterowniczym za pomocą sieci Ethernet. Umożliwia to zdalny podgląd i archiwizowanie prowadzanego procesu badawczego. Do komunikacji sterownika z aplikacją wykorzystano otwarty protokół komunikacyjny Modbus TCP. Główne okno aplikacji przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Główne okno aplikacji wizualizacyjno-archiwizującej [3]

Po otwarciu, aplikacja automatycznie łączy się ze sterownikiem zainstalowanym w pulpicie operatorskim. W zależności od rodzaju wykonywanego badania, aplikacja pobiera dane określające stan i parametry realizowanej próby tj.:

- ciśnienie w stojakach sekcji obudowy,
- liczbę wykonanych cykli,
- liczbę zadanych cykli,
- górny próg ciśnienia uzyskiwany w próbie,
- dolny próg ciśnienia uzyskiwany w próbie,
- czas podtrzymania górnego progu,
- czas podtrzymania dolnego progu,

oraz stan stanowiska, na który składają się:

- ciśnienie w stojakach podtrzymujących strop,
- wysokość stropu.

Przed uruchomieniem próby należy wpisać nazwę badanej sekcji obudowy i wariant badania.

Podczas trwania próby badawczej następuje automatyczny zapis do pliku tekstowego, maksymalnego i minimalnego ciśnienia uzyskiwanego w poszczególnych cyklach badania.

4. Podsumowanie

W ramach modernizacji stanowiska do badań sekcji obudowy zmechanizowanej zmodyfikowano program sterownika PLC sterującego pracą stanowiska do badań sekcji obudowy zmechanizowanej, umożliwiający przeprowadzenie rozszerzonej próby wytrzymałości zmęczeniowej. Nowy algorytm umożliwia również prowadzenie próby według dotychczasowego cyklu.

Wymieniono i oprogramowano panel operatorski w pulpicie sterującym stanowiska, co wymagało opracowania nowej aplikacji programowej umożliwiającej archiwizowanie przebiegu prób badawczych.

Opracowano również aplikację programową, umożliwiającą połączenie z nowym panelem operatorskim za pomocą protokołu Modbus TCP. Oprócz archiwizacji przebiegu prób, aplikacja stanowi obecnie zdalny pulpit, umożliwiający śledzenie operatorowi procesu badawczego na ekranie monitora.

Ponadto automatyczna rejestracja przebiegu prób, uzyskanych wartości ciśnienia oraz danych identyfikujących typ sekcji obudowy zmechanizowanej i wariant realizowanej próby eliminuje możliwość popełnienia błędu przez obsługę stanowiska przy rejestrowaniu wyników. Skutkuje to poprawą jakości badań prowadzonych w laboratorium.

Modernizacja systemów sterowania stanowiska badawczego umożliwia obecnie bezpieczne zdalne sterowanie stanowiskiem i automatyczne prowadzenie badań zmęczeniowych sekcji obudowy zmechanizowanej, z możliwością ciągłej rejestracji mierzonych parametrów. W ten sposób rozszerzono możliwości badawcze Laboratorium Badań związane z prowadzeniem badań zmęczeniowych.

Literatura

[1] Dokumentacja fotograficzna Laboratorium Badań ITG KOMAG

[2] Jendrysik S. i inni: Modernizacja stanowisk badawczych Laboratorium Badań DLB. Rozszerzenie funkcjonalności oprogramowania sterownika stanowiska do badań obudów zmechanizowanych. ITG KOMAG, Gliwice 2016 r. (materiały niepublikowane)

[3] Jendrysik S. i inni: Modernizacja stanowisk badawczych Laboratorium Badań DLB. Modernizacja systemu sterowania w zakresie panelu operatorskiego i aplikacji wizualizacyjnej. ITG KOMAG, Gliwice 2016 r. (materiały niepublikowane)

Czy wiesz, że ....

… firma Continental (www.contitech.us) oferuje węże spiralne typu XC3S, XCP4S, XCP5S i XCP6S przeznaczone do stosowania w wysokociśnieniowych układach hydraulicznych, wymagających szczególnie wysokiej odporności na ścieranie. Przewody o takich parametrach stosuje się m.in. w urządzeniach górniczych. Węże zbudowane są z rurek polichloroprenowych owiniętych czterema lub sześcioma spiralnymi warstwami wzmacniającymi wykonanymi z drutu o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie oraz z zewnętrznej powłoki z gumy syntetycznej. Charakteryzują się dużą elastycznością i odpornością na chwilowe przeciążenia oraz mogą pracować w temperaturach od -40°C do +121°C. Ciśnienia robocze dla węży typu XC3S wynoszą 21,3 MPa dla średnic od 1 ¼ cala do 2 cali, a dla węży typu XCP4S, XCP5S oraz XCP6S odpowiednio 28,3 MPa, 35,1 MPa i 42 MPa dla średnic od 3/8 do 2 cali.

Hydraulics & Pneumatics 2016 nr 10 s.38

Badania laboratoryjne ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych w aspekcie możliwości ich stosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego

mgr inż. Zdzisław Budzyński
mgr inż. Bartosz Polnik
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

Pogarszające się warunki przewietrzania wyrobisk górniczych oraz przepisy dotyczące stosowania maszyn spalinowych w podziemiach kopalń w aspekcie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników skłaniają do budowy maszyn i urządzeń zasilanych z akumulatorów. W większości dotychczasowych rozwiązań jako źródło zasilania stosowane są z reguły ogniwa kwasowo-ołowiowe. Obserwuje się również próby wdrażania układów zasilających bazujących na ogniwach litowych. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych umożliwiające stosowanie ich w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego. Zwrócono uwagę na bezpieczeństwo prowadzenia badań w zakresie m.in.: odporności ogniwa na zwarcie metaliczne na zaciskach, przeładowanie, nadmierne rozładowanie. W trakcie badań niszczących, badano skład gazów wydzielanych z ogniwa. Zaprezentowano możliwości zastosowania ww. ogniw w górnictwie węgla kamiennego.

Abstract:

Worsening ventilation in mine roadways as well as regulation concerning use of diesel mining machines in underground mines and protection of workers health force to design the mining machines supplied from batteries. In most solutions of electric drives, lead-acid batteries are used. Some attempts of implementation of electric drives based on lithium cell are observed. Results of laboratory tests of lithium-iron-phosphate cells as regards their use in atmosphere potentially threatened by methane and coal dust explosion hazard are presented. Some attention was paid for safety of conducting tests regarding the resistance to short circuit on terminals, overcharging and too much discharging. During destructive tests, composition of released gases was determined. Possibility of using the above-mentioned cells in the coal mining industry is discussed.

Słowa kluczowe: górnictwo, napędy maszyn, baterie akumulatorów, ogniwa litowe, badania

Keywords: mining industry, driving systems in machines, batteries, lithium cells, tests

1. Wprowadzenie

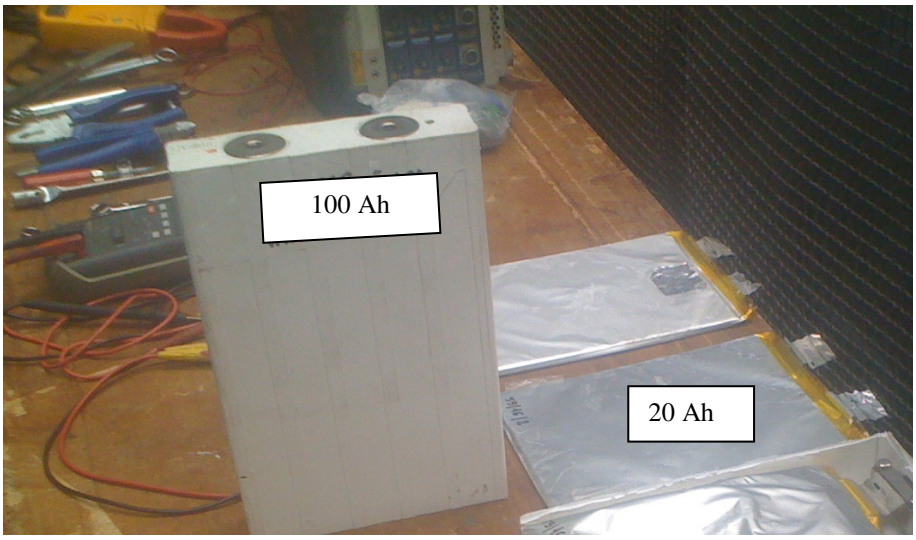
W ogniwach litowych podstawą magazynowania energii jest ruch dodatnich jonów litu między anodą i katodą w przewodzącym elektrolicie, co związane jest z przemianami chemicznymi. Ogniwa litowe posiadają największą gęstość energii spośród wszystkich ogniw dostępnych na rynku [1]. Nie występuje w nich efekt pamięciowy a samorozładowanie jest niewielkie. Trwałość ogniw jest duża i w wielu wykonaniach przekracza 1000 cykli pracy. Wymagają jednak właściwej obsługi. Niebezpieczne jest zarówno przeładowanie jak i głębokie rozładowanie [1].

2. Przedmiot badań

Badaniom zostały poddane ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe (rys. 1) o następujących danych technicznych:

typ	HYLFP
pojemność	20 Ah i 100 Ah

napięcie znamionowe	3,2 V
napięcie minimalne	2,0 V
napięcie maksymalne	3,65 V
- maks. prąd rozładowania	40 A i 200 A
znamionowy prąd rozładowania	6 A i 30 A
impedancja wewnętrzna	10 mΩ i 2 mΩ



Rys. 1. Ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe [3]

3. Zakres badań

Zakres badań obejmował:

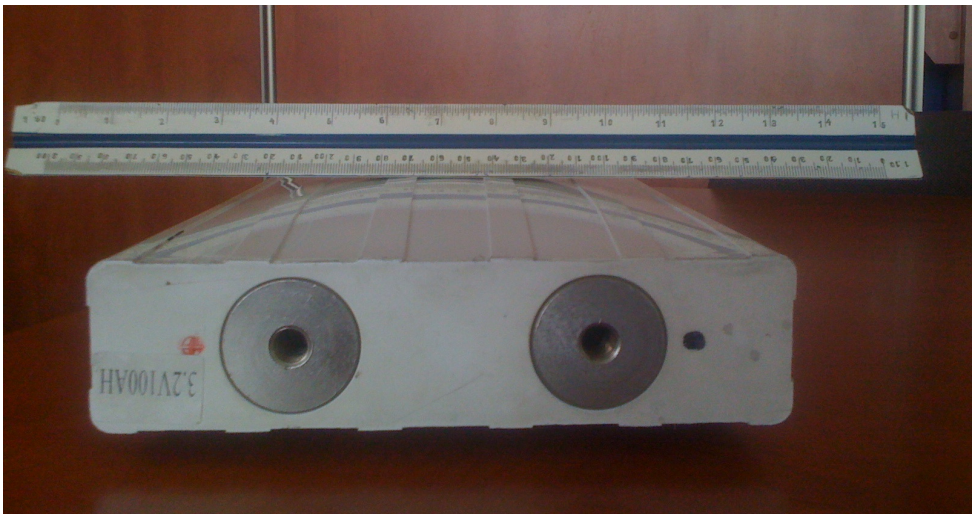
- pobranie i zbadanie zawartości gazów elektrolitycznych zgromadzonych we wnętrzu fizycznie zdeformowanego ogniwa o pojemności 100 Ah,
- pomiary napięcia, natężenia prądu oraz temperatury podczas procesu rozładowywania ogniwa 20 Ah,
- pomiar natężenia prądu oraz temperatury w czasie próby zwarcia na zaciskach ogniwa 20 Ah i 100 Ah,
- pomiar napięcia, natężenia prądu, temperatury oraz wydzielanych gazów w czasie próby przeładowywania ogniw 20 Ah i 100 Ah do stanu zniszczenia.

Celem badań było:

- określenie składu chemicznego gazu elektrolitycznego znajdującego się wewnątrz zdeformowanego ogniwa, gdyż należy się spodziewać rozszczelnienia ogniwa i jego emisji na zewnątrz w przypadku dłużej trwającego stanu awaryjnego,
- poznanie przyczyn deformacji ogniwa, co umożliwi w przyszłości zabezpieczenie ogniw przed ich skutkami,
- sprawdzenie zachowania się ogniw w stanach awaryjnych, takich jak zwarcie na zaciskach, przeładowanie oraz głębokie rozładowanie.

4. Przebieg i wyniki badań

Badania przeprowadzono na ogniwie fizycznie zdeformowanym oraz egzemplarzach sprawnych o pojemności 20 Ah i 100 Ah. Badania rozpoczęto od pobrania próbek gazu elektrolitycznego zgromadzonego we wnętrzu ogniwa fizycznie zdeformowanego.



Rys. 2. Ogniwo zdeformowane [3]

Analizę przeprowadzono metodą chromatografii gazowej z wykorzystaniem dwóch chromatografów gazowych wyposażonych w odpowiednie kolumny rozdzielcze oraz odpowiednie systemy detekcji substancji [3]. Skład chemiczny pobranego gazu elektrolitycznego przedstawiono w tabeli 1.

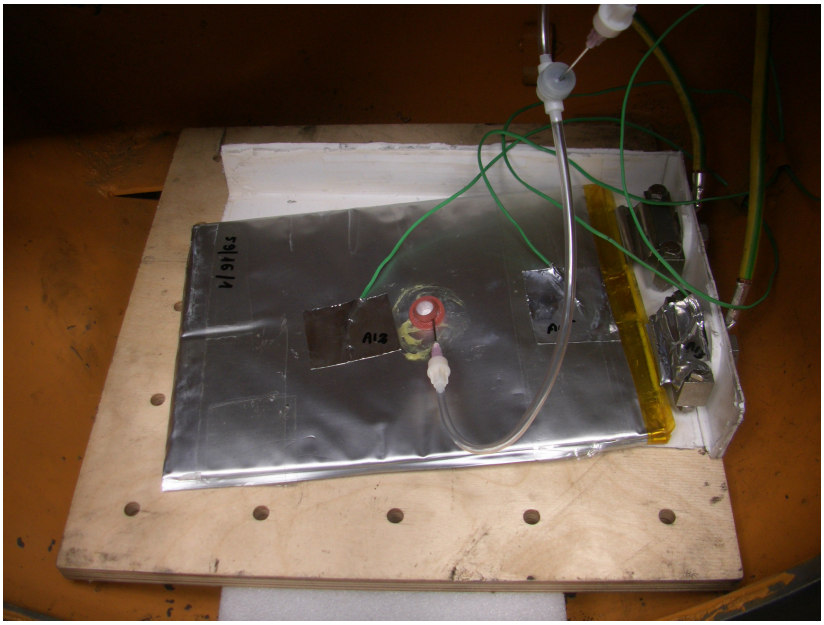
Skład chemiczny gazów wewnątrz obudowy ogniwa zdeformowanego

Tabela 1

	Próbka 1	**Próbka 2**
Nazwa składnika	**Zawartość [% obj.]**	**Zawartość [% obj.]**
Wodór	0	0
Tlen	20,9	20,8
Azot	79,0	79,0
Tlenek węgla	0	0
Dwutlenek węgla	0,04	0,05
Węglowodory	0	0
Suma	99,9	99,9

Z przeprowadzonej analizy chromatograficznej zgromadzonego gazu elektrolitycznego wynikało, że wewnątrz ogniwa znajduje się powietrze atmosferyczne. Wyniki z tego pomiaru sugerowały, że wewnątrz zdeformowanej obudowy znajduje się dodatkowa obudowa ogniwa, której deformacja przeniosła się na obudowę zewnętrzną. Zdemontowano ogniwo z zachowaniem środków bezpieczeństwa, usuwając obudowę zewnętrzną [3].

Po przygotowaniu zdeformowanego ogniwa do badań chromatograficznych (rys. 3), pobrano z jego wnętrza znajdujące się tam gazy elektrolityczne.



Rys. 3. Ogniwo przygotowane do pobrania próbek gazu [3]

Wyniki z przeprowadzonych analiz chromatograficznych z pobranych próbek gazu elektrolitycznego przedstawiono w tabeli 2.

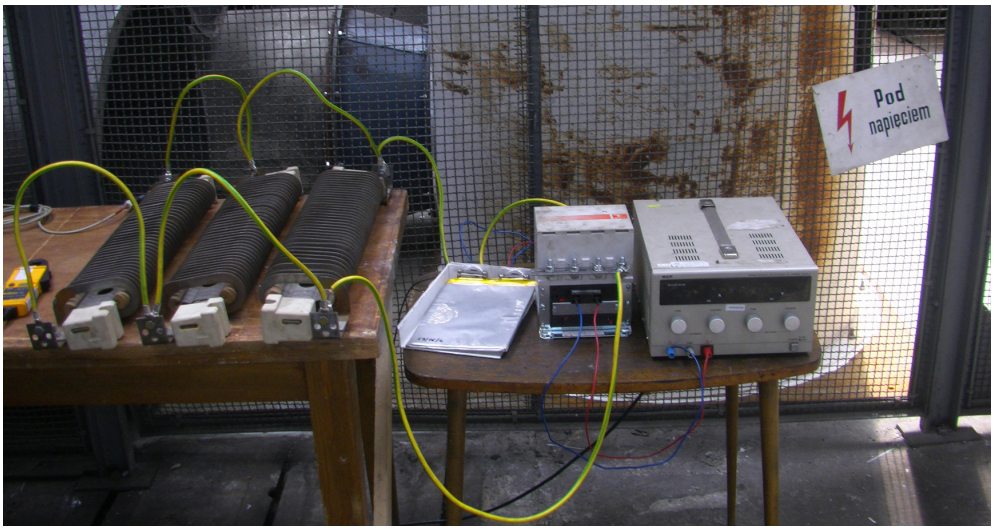
Skład chemiczny gazów znajdujących się w ogniwie zdeformowanym

Tabela 2

	Próbka 1	**Próbka 2**
Nazwa składnika	**Zawartość [% obj.]**	**Zawartość [% obj.]**
Wodór	25,9	25,7
Tlen	0,43	0,49
Azot	1,66	2,02
Tlenek węgla	0,37	0,35
Dwutlenek węgla	ślad	ślad
Metan	48,9	49,0
Węglowodory wyższe:		
Etan	4,1	4,0
Etylen	2,7	2,7
Propan	0,17	0,16
Propylen	0,04	0,04
Butany	0,04	0,03
Buteny	0,01	0,01
Suma	84,3	84,5

W fizycznie zdeformowanym ogniwie znajdowały się głównie: metan ~49 % oraz wodór ~26 %. Wykryto również eter dimetylowy, węglan metylu i inne (niezidentyfikowane), a także śladowe ilości tlenu, które mogą stanowić zwartość brakującą do 100%.

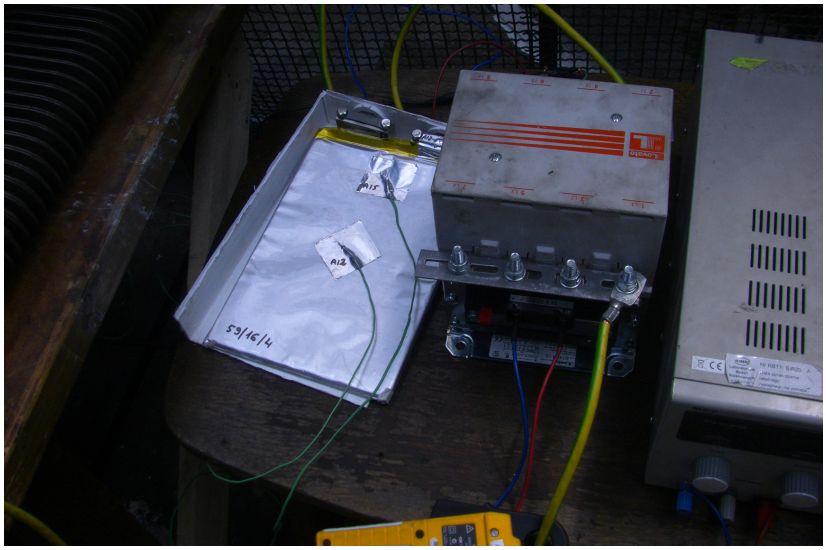
Sprawne ogniwa o pojemności 20 Ah, poddano badaniom na głębokie rozładowanie (rys. 4), zwarcie oraz przeładowanie. Badanie na głębokie rozładowanie rozpoczęto od naładowania ogniwa do napięcia znamionowego. Następnie przeładowywano ogniwo prądem o natężeniu 18,6 A, co odpowiadało wartości 0,93 C. Po 4 godzinach nastąpił gwałtowny spadek napięcia na badanym ogniwie do wartości 0,473 V [2].



Rys. 4. Ogniwo przygotowane do próby głębokiego rozładowania [2]

W wyniku głębokiego rozładowania badanego ogniwa nie doszło do jego mechanicznego uszkodzenia ani odkształceń. Po odłączeniu rezystorów z zacisków ogniwa, badano jego zachowanie po ustaniu przyczyny rozładowania. Po upłynięciu ok. 10 minut ogniwo zregenerowało się do napięcia 2,14 V, co może świadczyć o braku uszkodzeń wewnętrznych.

Próby zwarcia przeprowadzono dla ogniw 20 Ah i 100 Ah.



Rys. 5. Ogniwo przygotowane do próby zwarcia [3]

Próba zwarcia ogniwa 20 Ah (rys. 5) zakończyła się przepaleniem jednej z elektrod po czasie t = 83,5 ms. Prąd zwarcia osiągnął maksymalną wartość 1200 A. Elektroda dodatnia w postaci przewodzącej taśmy zachowała się jak bezpiecznik topikowy (przepaliła się), nie powodując ubocznych skutków w postaci pożaru, wybuchu lub wydzielania się gazów. Nie zanotowano również wzrostu temperatury obudowy. Ogniwo w przypadku zwarcia na zaciskach nie stwarza zatem zagrożenia.

W trakcie próby zwarcia na zaciskach ogniwa o pojemności 100 Ah nie doszło do przepalenia się żadnej z elektrod. Zmierzony maksymalny prąd zwarcia osiągnął wartość 2940 A i po 10 s zmalał do wartości 500 A. Maksymalna temperatura obudowy ogniwa w trakcie próby zwarcia wynosiła 88°C. W czasie badań nie zanotowano wybuchu ani pożaru a elementy konstrukcyjne ogniwa nie ulegały zniszczeniu. Wystąpienie zwarcia nie spowodowało żadnych zagrożeń.

Próbę przeładowania wykonano dla ogniwa o pojemności 20 Ah i 100 Ah. Naładowane ogniwo 20 Ah, przeładowywano prądem 0,5 C z zasilacza stabilizowanego. Próbę rozpoczęto od napięcia zasilacza o wartości 4,85 V, po 15 minutach napięcie wzrosło do 5 V, a po godzinie osiągnęło wartość 27 V. Po upływie 67 min. od rozpoczęcia próby, nastąpił gwałtowny wzrost temperatury ogniwa do 95°C, a następnie po dalszych 5 min. przeładowywania nastąpiło jego rozszczelnienie i pojawienie się dymu. W trakcie badania pobrano 5 próbek gazu powstającego w ogniwie. Skład chemiczny gazów podano w tabeli 3.

Skład chemiczny gazów pobranych w czasie przeładowania ogniwa

Tabela 3

	Próbka 1	**Próbka 2**	**Próbka 3**	**Próbka 4**	**Próbka 5**
Nazwa składnika	**Skład [% obj.]**	**Skład [% obj.]**	**Skład [% obj.]**	**Skład [% obj.]**	**Skład [% obj.]**
Wodór	18,0	17,4	10,0	9,2	9,1
Tlen	7,0	7,3	7,9	8,2	8,3
Azot	38,3	39,8	58,4	62,2	63,1
Tlenek węgla	5,3	5,1	3,5	3,0	2,7
Dwutlenek węgla	12,3	12,0	5,9	5,3	5,3
Metan	5,4	5,5	1,3	1,1	1,0
Węglowodory wyższe:					
Etan	1,50	1,48	0,32	0,25	0,22
Etylen	8,0	7,9	5,8	4,8	4,9
propan	0,13	0,17	0,04	0,03	0,03
propylen	0,02	0,1	0,04	0,03	0,04
butany	0,11	0,10	0,16	0,13	0,11
C_{5+}	0,05	0,06	0,02	0,01	0,02
Suma	96,1	96,9	93,4	94,3	94,8

Większość z zarejestrowanych gazów, miała tendencje malejące: wodór od wartości 18% malał do 9,1%, metan z 5,4% do 1,0%, dwutlenek węgla z 12,3% do 5,3%, natomiast tendencję wzrostową miały gazy: tlen z 7% do 8,3% oraz azot z 38,3% do 63,1%. Obecność gazów palnych i wybuchowych jest bardzo istotna z uwagi na bezpieczeństwo, mogą one bowiem być powodem pożaru lub wybuchu. Po analizie składu chemicznego, można wykluczyć powstanie wybuchu wewnątrz ogniwa, natomiast zagrożenie pożarem jest realne po zainicjowaniu iskry lub łuku elektrycznego.

Ponowiono próbę zwiększając prąd przeładowywania do wartości 0,75 C, aż do fizycznego rozszczelnienia się ogniwa. W czasie tej próby nie zanotowano innych (niż przy prądzie 0,5 C) zmian w zachowaniu się ogniwa. Temperatury maksymalne zanotowano podobne. Powstanie źródła zapłonu może spowodować zapalenie się gazów wewnątrz ogniwa.

Wykonano dwie próby przeładowania ogniw o pojemności 100 Ah wymuszając prąd 0,3 C. W czasie pierwszej próby trwającej 73 minuty, przez 30 minut w trakcie przeładowywania prądem 0,3 C nie ma symptomów zewnętrznych. W tym czasie następuje stopniowy wzrost temperatury obudowy ogniwa do 80°C. Po tym czasie następuje jego fizyczna deformacja, a po następnych 15 minutach następuje gwałtowny wzrost temperatury do 190°C i rozszczelnienie się obudowy, z której wydostają się gazy w postaci białego dymu (rys. 6).

Rys. 6. Ogniwo po badaniach na przeładowanie [3]

Do całkowitego zniszczenia dochodzi po godzinie i 13 minutach. W czasie drugiej próby trwającej 13 minut dłużej, charakter występujących zjawisk jest analogiczny. Maksymalna temperatura osiągnęła wartość 280°C. Badane próbki (tabela 4) zawierały takie gazy, jak: wodór (4,2%-0,8%), metan (5,4%-1,0%), tlen (17,6%-18,9%), azot (60,6%-69,8%), dwutlenek węgla (0,09%-0,04%) oraz śladowe ilości węglowodorów.

Skład chemiczny gazów ogniwa 100 Ah

Tabela 4

	Próbka 1	Próbka 2	Próbka 3
Nazwa składnika	**Skład [% obj.]**	**Skład [% obj.]**	**Skład [% obj.]**
Wodór	4,2	0,07	0,80
Tlen	17,6	19,5	18,9
Azot	60,6	74,8	69,8
Tlenek węgla	0,09	0	0,04
Dwutlenek węgla	5,5	0,24	0,80
Metan	0,4	0,02	0,09
Węglowodory wyższe:			
Etan	0,11	0,005	0,03
Etylen	2,10	0,10	0,93
propan	0,02	0	0,01
propylen	0,08	0,002	0,03
Butany i butadien	0,08	0,006	0,07
C_{5+}	0,01	0,001	0,02
Suma	90,8	94,7	92,2

W czasie badań nie zanotowano wybuchu ani pożaru, a elementy konstrukcyjne ogniwa ulegały destrukcji przez nadtopienie wskutek wysokiej temperatury. Wydzielany gaz nie stanowi zagrożenia wybuchem ani nie stanowi zagrożenia dla obsługi i serwisu.

5. Podsumowanie

Wyniki badania ogniw litowych z grupy żelazowo-fosforanowych o pojemności 20 Ah i 100 Ah w zakresie ich odporności na głębokie rozładowanie, zwarcie na zaciskach oraz przeładowanie pozwalają na następującego stwierdzenia:

1. Ogniwa poddane głębokiemu rozładowania nie powodują ubocznych skutków mających wpływ na bezpieczeństwo ich eksploatacji i nie stanowią zagrożenia dla obsługi i serwisu. Głębokie rozładowanie, może mieć jedynie wpływ na żywotność ogniwa.
2. Zwarcie bezpośrednio na zaciskach ogniwa nie stanowi zagrożenia. W zależności od pojemności ogniwa, prąd zwarcia powoduje przepalenie jednej z elektrod ogniwa lub trwa przez czas 10 s, osiągając maksymalną temperaturę 88°C.
3. Ogniwa poddane próbie długotrwałego przeładowania prądem 0,3 C nie stwarzają zagrożenia. Zgodnie z odpowiednimi aktami regulującymi, powinny być zabudowane w osłonie ognioszczelnej [4]. W przypadku długotrwałego przeładowywania efekt uszkodzenia ogniwa może być widoczny w postaci wydzielania się dymu przez przejścia ognioszczelne obudowy.

4. W trakcie prowadzonych badań nie doszło do powstania otwartego ognia ani wybuchu.
5. Do przeładowania baterii może dojść w czasie ładowania z zewnętrznego urządzenia (ładowarki) lub w trakcie hamowania odzyskowego silników napędowych maszyny. W trakcie pracy maszyny wyposażonej w baterie litowe z grupy żelazowo-fosforanowych, zagrożenie długotrwałego przeładowania prądem 0,3 C w trakcie hamowania elektrycznego praktycznie nie występuje. Napięcie na zaciskach silnika w czasie hamowania nie wzrasta powyżej wartości znamionowej, a sam proces trwa zazwyczaj krótko przez co nie ma możliwości przekroczenia czasu, po którym rozpoczyna się destrukcja ogniwa.
6. Napięcie zasilania zewnętrznej ładowarki może maksymalnie wzrosnąć o 10% powyżej wartości znamionowej sieci zasilającej. W związku z powyższym na zaciskach DC nawet w przypadku awarii stabilizatora napięcia, nie pojawi się napięcie mogące doprowadzić do długotrwałego przeładowywania i uszkodzenia ogniw. Należy również w tym miejscu nadmienić, że wszystkie ogniwa litowe, wymagają stosowania odpowiedniego systemu nadzoru (BMS), który to odpowiada za bezpieczeństwo ich pracy oraz poprawne funkcjonowanie. W związku z powyższym, układ nadzoru kontroluje parametry pracy baterii, a w sytuacji wystąpienia zagrożenia odłącza ogniwa spod napięcia.
7. Po analizie składu chemicznego gazów powstałych w trakcie przeładowania, można wykluczyć powstanie wybuchu wewnątrz ogniwa, natomiast zagrożenie pożarem jest realne po zainicjowaniu iskry lub łuku elektrycznego.
8. Badania laboratoryjne ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych potwierdziły możliwość ich bezpiecznego stosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego.

Literatura

[1] Elektronika Praktyczna. Marzec 2015, ep.com.pl/artykuly/10299-Akumulatory_litowe/html

[2] Niedworok A.: Praca statutowa (niepublikowana). Badania ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych typu HYLFP46182295/100Ah. Sprawozdanie Nr 94/BT/2016. Gliwice, czerwiec 2016

[3] Budzyński Z., Polnik B.: Praca statutowa (niepublikowana). Badanie ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych o pojemności 100 Ah. Gliwice, czerwiec 2016

[4] PN-EN 60079-1:2014-1 Atmosfery wybuchowe- Część 1: Zabezpieczenia urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych „d”

Zmechanizowana obudowa nowego typu do pokładów cienkich

prof. dr hab. inż. Krzysztof Krauze
dr inż. Waldemar Rączka
dr inż. Grzegorz Stopka
AGH w Krakowie

Streszczenie:

Jednym z podstawowych problemów górnictwa podziemnego zarówno w Polsce jak i na świecie jest eksploatacja pokładów cienkich. Zasadniczą przeszkodę w wybieraniu pokładów cienkich stanowią ekstremalnie trudne warunki eksploatacji i obsługi maszyn zmechanizowanego kompleksu ścianowego, które w dużej mierze wynikają z charakterystyki aktualnie stosowanych zmechanizowanych obudów ścianowych. W związku z powyższym w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH w Krakowie podjęto prace badawcze nad opracowaniem nowej konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej dedykowanej do pracy w pokładach cienkich. W artykule przedstawiono koncepcyjne, wirtualne modele nowej sekcji zmechanizowanej obudowy do pokładów cienkich, a także podstawowe założenia dla układu sterowania obudową. Prace badawcze w tym zakresie zostały zrealizowane w ramach projektu pt. *Prace studialne i badawcze nad opracowanie zmechanizowanej obudowy nowego typu do pokładów cienkich* dofinansowanego z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR).

Abstract:

One of the basic problems of polish and underground mining is low seams extraction. The main impediment in this case are extremely harsh exploitation and operation conditions of long-wall complex machines, which in most cases result from the characteristics of mechanized hydraulic roof supports. According to this, in Department of Mining, Dressing and transport Machines at AGH University in Krakow the research was undertaken in scope of development of principles and guidelines for the design of innovative hydraulic roof support for low seams, based on model and experimental studies. In this paper virtual models of new hydraulic roof support were presented, as well as the main assumption for control system. Research in this field were conducted under the project entitled *Studies of development of innovation hydraulic roof support for low seams.* The project is funded by the National Center of Research and Development (NCBiR).

Słowa kluczowe: zmechanizowana obudowa, pokłady cienkie, system sterowania

Keywords: hydraulic roof support, low seams, control system

1. Wprowadzenie

Pokłady cienkie, a wiec pokłady o miąższości poniżej 1,5 m, mają znaczenie strategiczne dla bezpieczeństwa energetycznego Polski. Udział pokładów cienkich w zasobach polskich kopalń węgla kamiennego wynosi blisko 16,5%, co łącznie daje 659 mln ton węgla. Mając na uwadze kurczące się zasoby węgla kamiennego sięgnięcie po węgiel w pokładach cienkich będzie nieuniknione. Według niektórych źródeł zasoby węgla w pokładach cienkich szacuje się na blisko miliard ton węgla, co przy obecnych możliwościach wydobywczych polskich kopalni węgla kamiennego zagwarantuje im ciągłą pracę na co najmniej kilkanaście lat. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że podobne tendencje obserwować można na przykładzie niektórych krajów Europy czy Azji (Ukraina, Chiny, Indie, Indonezja), gdzie pokłady cienkie stanowią zdecydowaną większość bazy zasobowej. Do niedawna w pokładach cienkich funkcjonowało zaledwie 2% ogólnej liczby przodków ścianowych. Kurczące się zasoby węgla kamienne w obszarach o dogodnych warunkach górniczo - geologicznych sprawiają, że kopalnie modyfikują swoje plany ruchu na najbliższe lata, uwzględniając eksploatację cienkich pokładów węgla [1, 2].

Zagadnienie eksploatacji pokładów cienkich nie jest jednak łatwe i w praktyce napotyka na szereg problemów w postaci barier technicznych, ergonomicznych oraz ekonomicznych.

Dotyczą one zwłaszcza ścian kombajnowych, gdzie wymagana jest obecność ludzi w ścianie, a podstawowym problemem jest kwestia ograniczonej przestrzeni roboczej w wyrobisku ścianowym. Generuje ona problemy techniczne i organizacyjne zwłaszcza przy uruchamianiu czy likwidacji wyrobiska ścianowego. Pojawiają się wtedy problemy transportu i instalacji maszyn oraz urządzeń o masie co najmniej kilkudziesięciu ton. Utrudnienia wynikające z mocno ograniczonej przestrzeni roboczej rzutują na spowolnienie przemieszczania się załogi, zmniejszeniu wydajności pracy ludzi w ścianie, co w rezultacie prowadzi do spadku dyspozycyjnego czasu pracy ściany. Pogarszają się także warunki klimatyczne związane z wentylacją wyrobiska, gdyż zmniejszeniu ulega jego przekrój. Ograniczona przestrzeń robocza powoduje w rezultacie poważne problemy związane zarówno z bezpieczeństwem jak i ergonomią pracy ludzi w ścianie niskiej. Podstawowe problemy wynikające ze specyficznych i trudnych warunków eksploatacji pokładów cienkich rzutują na efekt ekonomiczny przedsięwzięcia, który ma znaczenie decydujące. Z uwagi na brak opłacalności eksploatacji pokładów cienkich ich eksploatacja jest często zaniechana.

Tematyka eksploatacji pokładów cienkich jest obecnie głównym obiektem zainteresowań producentów oraz użytkowników zmechanizowanych kompleksów ścianowych. Wynika to z faktu, iż niezależnie od szeregu czynników górniczo – geologicznych, które w różnym stopniu mogą wpływać na możliwości techniczne prowadzenia ścian niskich, kwestia wzrostu koncentracji wydobycia z pokładów cienkich jest powiązana przede wszystkich z konstrukcją odpowiednio przystosowanych do ekstremalnie trudnych warunków maszyn zmechanizowanego kompleksu ścianowego. Biorąc pod uwagę charakter opisywanych wyżej problemów towarzyszących prowadzeniu niskich ścian wydobywczych, zwłaszcza ścian kombajnowych, należy opracować nowe maszyny i urządzenia dostosowane do takich warunków pracy. Na powyższe stwierdzenia składa się szereg właściwości konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej, które zwłaszcza w trudnych warunkach ścian niskich bezpośrednio rzutują na aspekty techniczne, ergonomiczne a przede wszystkim ekonomiczne eksploatacji.

Poza wspomnianymi wyżej aspektami, które determinują konstrukcje obudów zmechanizowanych do eksploatacji ścian niskich, należy podkreślić podejmowane aktualnie działania producentów obudów zmierzające do minimalizacji kosztów produkcji przy jednoczesnym zwiększeniu podporności obudów. Działania te wynikają z faktu, iż koszt zakupu i instalacji sekcji obudów zmechanizowanych jest dominującym kosztem inwestycji w zmechanizowanych kompleks ścianowy (koszty te sięgają wartości kilkudziesięciu mln PLN). Z drugiej strony pogarszające się warunki górniczo - geologiczne związane z ogólną tendencją wybierania coraz niżej położonych pokładów wymuszają wzrost podporności obudów zmechanizowanych.

Mając na uwadze powyższe w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH w Krakowie rozpoczęto prace badawcze, których głównym celem jest opracowanie i przebadania nowej konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej do pokładów cienkich. W artykule przedstawiono wybrane zagadnienie poruszone w ramach pierwszej fazy projektu badawczego, w tym założenia dla konstrukcji tejże obudowy oraz koncepcję układu sterowania.

2. Koncepcja obudowy do pokładów cienkich

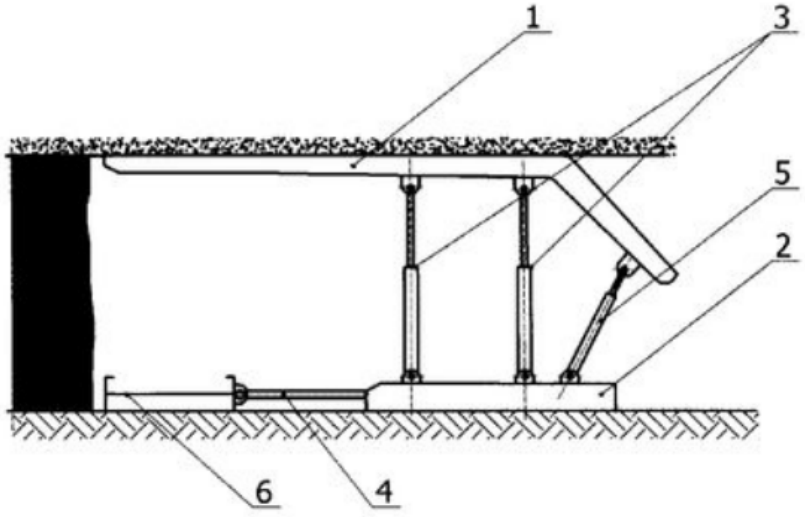
Obecnie w wyrobiskach ścianowych, także w ścianach niskich, powszechnie stosowane są sekcje obudowy podporowo – osłonowej. Charakterystyczną cechą tych obudów jest

przegubowe połączenie stropnicy ze spągnicą za pomocą osłony odzawałowej oraz przednich i tylnych łączników. W warunkach eksploatacji pokładów cienkich struktura kinematyczna sekcji obudów podporowo - osłonowych stanowi istotny problem dla poprawy ergonomii i bezpieczeństwa pracy ludzi w ścianie. Charakterystyczne pochylenie stojaków skutkuje bowiem zmniejszeniem przekroju strefy przejścia. Wynikiem powyższego jest nie tylko trudność w poruszaniu się załogi w ścianie, ale także pogorszenie się warunków klimatycznych w przestrzeni eksploatacyjnej, czego przyczyną są problemy z przewietrzaniem wyrobisk. Pochylenie stojaków sekcji obudowy podporowo - osłonowej w warunkach niskich ścian wydobywczych generuje także niekorzystny stan obciążeń podstawowych elementów sekcji, co z uwagi na względy wytrzymałościowe prowadzi do wzrostu masy konstrukcji sekcji obudowy.

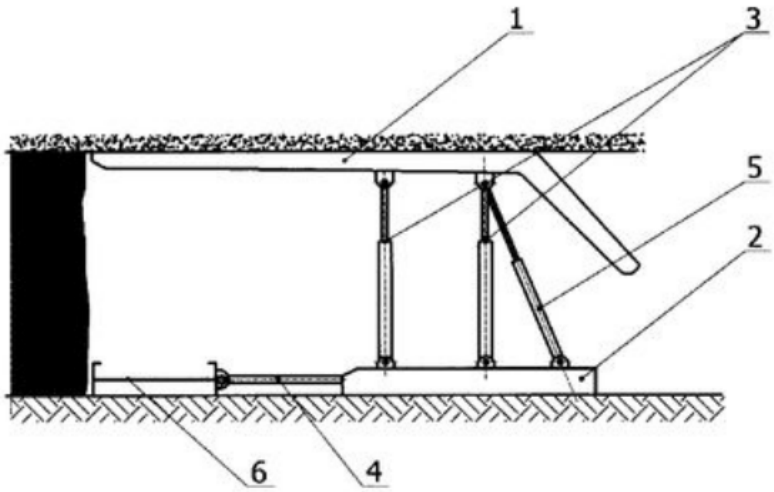
Mając na uwadze uwarunkowania eksploatacji pokładów cienkich jak i wady aktualnie stosowanych obudów zmechanizowanych w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych opracowano koncepcję sekcji obudowy zmechanizowanej nowego typu w oparciu o następujące, zasadnicze założenia konstrukcyjne:

- zwiększenie powierzchni strefy przejścia w stosunku do sekcji obudowy podporowo - osłonowej, a przez to poprawę ergonomii i bezpieczeństwa pracy ludzi w ścianie oraz warunków klimatycznych w przestrzeni eksploatacyjnej,
- zwiększenie stosunku podporności obudowy do jej masy w stosunku do obecnie stosowanych rozwiązań obudów,
- zmniejszenie liczby elementów podstawowych obudowy przez uproszczenie konstrukcji w stosunku do sekcji obudowy podporowo - osłonowej,
- zmniejszenie kosztów wykonania konstrukcji elementów podstawowych sekcji obudowy zmechanizowanej (wynikające z redukcji masy sekcji i uproszczeń jej konstrukcji) w odniesieniu do sekcji obudowy podporowo - osłonowej.

Koncepcję sekcji obudowy w postaci uproszczonego schematu pokazano na rysunku 1 [4]. Istota rozwiązania polega na tym, że elementy podstawowe sekcji, a więc stropnica 1 i spągnica 2 połączone są ze sobą stojakami hydraulicznymi 3 oraz siłownikiem (siłownikami) zastrzałowym 5. Natomiast siłownik przesuwu 4 łączy spągnicę 2 z rynną przenośnika 6. Elementy hydrauliczne są mocowane przegubowo. Możliwe są różne warianty połączenia elementów podstawowych nowej obudowy (rys. 1 i 2).



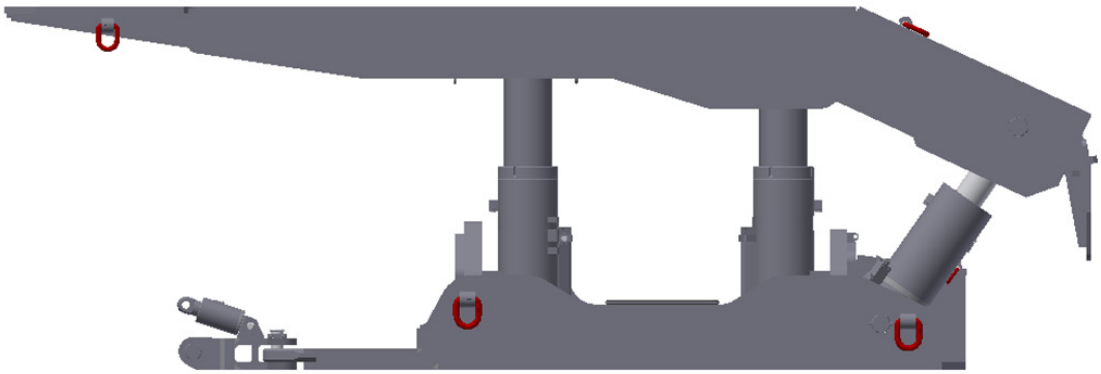
Rys. 1. Koncepcja obudowy nowego typu - wariant 1 [4]



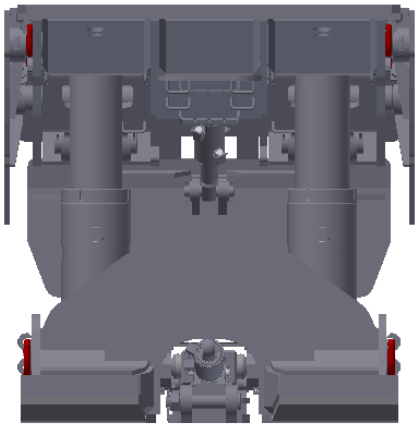
Rys. 2. Koncepcja obudowy nowego typu - wariant 2 [4]

Zaletą przedstawionej struktury kinematycznej sekcji obudowy jest pionowy ruchu stropnicy w cyklu rozpierania i rabowania obudowy, co praktycznie eliminuje styczne do powierzchni stropnicy siły tarcia. Połączenie przegubowe stojaków i siłowników ze stropnicą i spągnicą w znaczący sposób eliminuje powstanie momentów gnących w stojakach, zwłaszcza w cyklu przekładki obudowy. Do podstawowych zalet nowego rozwiązania należy wielkość strefy przejścia, większa niż w dotychczas eksploatowanych sekcjach obudowy oraz uproszczenie konstrukcji poprzez wyeliminowanie układu lemniskatowego oraz klasycznej osłony odzawałowej. W porównaniu do stosowanych obecnie sekcji obudów podporowo - osłonowych zastosowanie sekcji obudowy nowego typu pozwoli na skrócenie długości technicznej rozpiętości wyrobiska (mniejsza, sumaryczna długość stropnicy i rzutu osłony odzawałowej na płaszczyznę równoległą do płaszczyzny stropu), co przyczyni się do zmniejszenia obciążeń działających na konstrukcję obudowy, a więc pozwoli na zastosowanie stojaków o mniejszych gabarytach. Reasumując przedmiotowe rozwiązanie łączy w sobie zalety sekcji obudowy z prowadzeniem lemniskatowym oraz walory klasycznej sekcji obudowy podporowej, a w kontekście aktualnych problemów eksploatacji cienkich pokładów węgla staje się rozwiązaniem o istotnych walorach użytkowych.

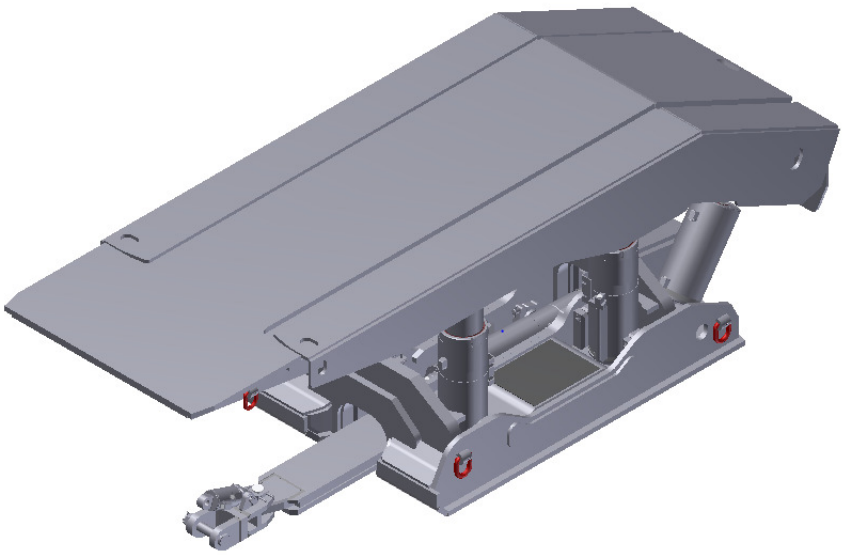
W oparciu o przedstawiony, uproszczony schemat ideowy rozpoczęto badania modelowe, których celem było sparametryzowanie konstrukcji nowej, zmechanizowanej obudowy do pokładów cienkich. Przykładowy widok wirtualnych modeli obudowy pokazano na rysunkach 3 ÷ 5. Zaprezentowana postać konstrukcji sekcji obudowy jest wynikiem szczegółowych analiz, w tym badań wytrzymałościowych z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych. Symulacyjnej weryfikacji konstrukcji obudowy dokonano w oparciu o wymagania zawarte w normie PN - EN 1804 dotyczące zwłaszcza stanu obciążeń. Szczególną uwagę zwrócono na asymetryczne obciążenie obudowy [3, 5]. W modelu szczegółowym obudowy uwzględniono wszystkie, niezbędne z punktu widzenia współpracy obudowy z pozostałymi maszynami kompleksu ścianowego, elementy konstrukcyjne jak i dodatkowe elementy istotne z uwagi na konieczność przeprowadzania badań stanowiskowych np. modyfikacje konstrukcji stojaków w celu instalacji czujników przemieszczeń.



Rys. 3. Wirtualny model obudowy nowego typu - widok z boku

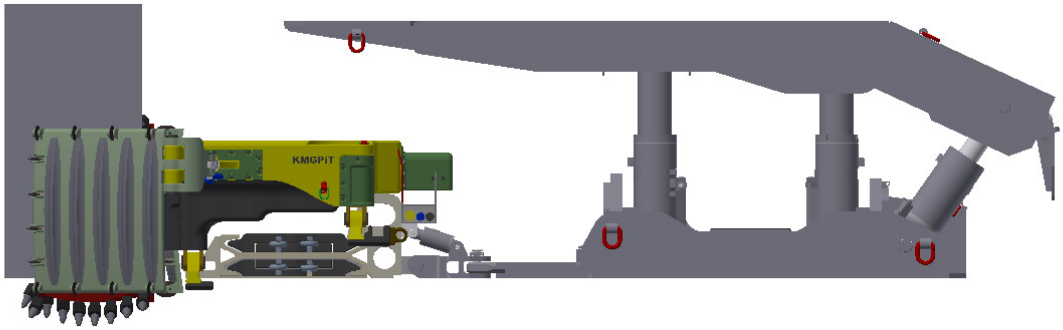


Rys. 4. Wirtualny model obudowy nowego typu - widok z przodu



Rys. 5. Wirtualny model obudowy nowego typu - widok przestrzenny

Zgodnie z przyjętymi założeniami sekcję obudowy zaprojektowano jako sekcję złożoną z czterech głównych stojaków i dwóch stojaków zastrzałowych. Stojaki główne, w czasie rozpierania i rabowania sekcji, zachowują prostopadłość osi do powierzchni stropu i spągu. Tylne zastrzały nachylone w stosunku do płaszczyzny poziomej kompensują reakcje wywołane poziomymi siłami tarcia i korygują położenie stojaków głównych. Taka kinematyka sekcji obudowy umożliwiła lokalizację strefy przejścia w obszarze pomiędzy stojakami głównymi obudowy. W konstrukcji zastosowano stojaki jednoteleskopowe tak, aby umożliwić montaż przetworników drogi wewnątrz ich konstrukcji. Konstrukcję spągnicy wykonano jako tzw. katamaran, natomiast stropnica jest wykonana jako tzw. stropnica liniowa z załamaniem w części zawałowej. Sekcję wyposażono w układ przesuwu, który pozwoli na realizację cyklu pracy obudowy "bez kroku wstecz". Należy przy tym nadmienić, że docelowo projektowana sekcja będzie pracować w tzw. układzie kaskadowym (przestawnym). Na belce przesuwnika zastosowano dodatkowy siłownik dla kątowej korekcji położenia rynny przenośnika. Sekcję wykonano w podziałce 1,5 m. Zakres roboczy sekcji mieści się w przedziale 1,1÷1,5. Całkowita długość stropnicy wynosi 4465 mm. W oparciu o opracowany model obudowy sprawdzono także możliwość wystąpienia kolizji, zwłaszcza w warunkach współpracy z pozostałymi maszynami kompleksu ścianowego. Dokonano tego na podstawie badań kinematyki sekcji w układzie wirtualnego kompleksu ścianowego. Widok modelu 3D, który został wykorzystany do badań weryfikujących współpracę sekcji obudowy z pozostałymi maszynami kompleksu ścianowego do pokładów cienkich pokazano na rysunku 6.

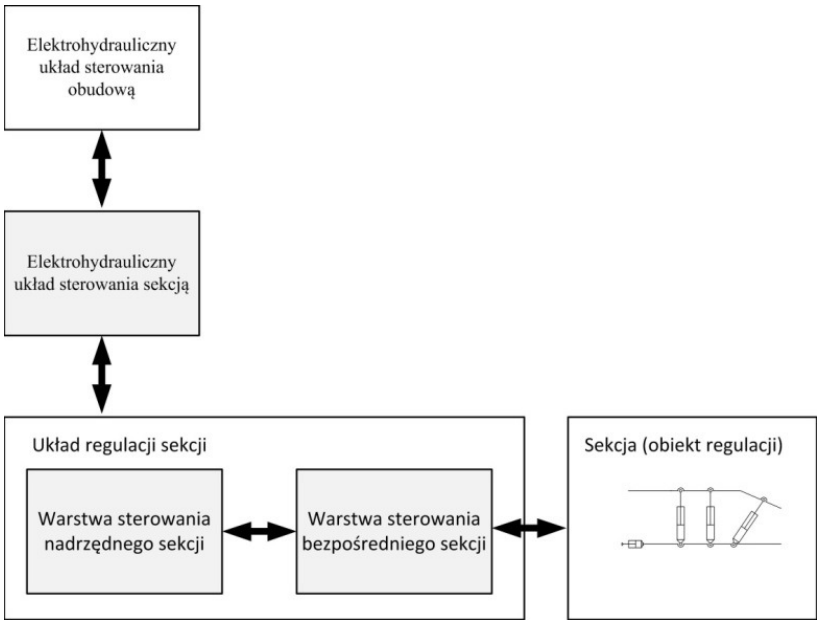


Rys. 6. Wirtualny model obudowy nowego typu w układzie OPK (obudowa - przenośnik - kombajn) w fazie przekładki obudowy

3. Koncepcja układu sterowania i automatyki

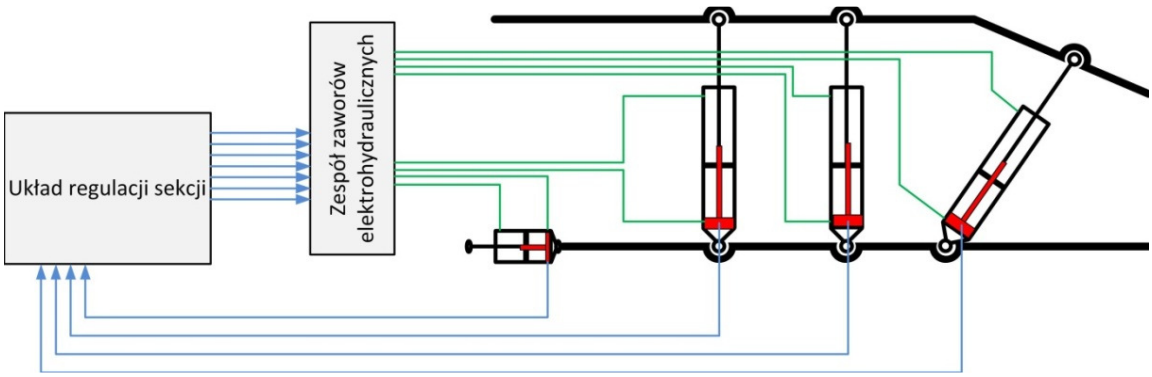
Innowacyjna konstrukcja sekcji obudowy zmechanizowanej nowego typu wymaga wykorzystania do realizacji poszczególnych cykli pracy elektrohydraulicznego systemu sterowania. Wynika to ze specyficznej struktury kinematycznej sekcji oraz liczby zastosowanych siłowników hydraulicznych (stojaków). Zastosowanie automatycznego systemu sterowania powinno gwarantować kontrolę ruchu tak, aby zapewnić prostopadłość stojaków do spągnicy i jednoczesną równoległość położenia stropnicy do spągnicy zarówno w czasie rabowania jak i rozpierania obudowy. Aktualnie w sekcjach zmechanizowanych obudów ścianowych stosowane są złożone układy automatycznego sterowania. Jednak ich bezpośrednia adaptacja do przedmiotowego rozwiązania jest niemożliwa głównie ze względu na konieczność stosowania dedykowanych algorytmów sterowania dostosowanych do specyfiki kinematycznej struktury nowej obudowy. Mając na uwadze powyższe, prace

badawcze w tym zakresie skoncentrowano na opracowaniu algorytmów sterowania sekcji obudowy oraz syntezie układu sterowania w oparciu o dostępne na rynku elementy. Ogólny schemat blokowy nowego układu sterowania pojedynczą sekcją pokazano na rysunku 7. Jak wynika ze schematu, układ sterowania pojedynczą sekcją (URS) jest złożony z warstwy sterowania nadrzędnego i bezpośredniego. URS jest układem regulacji, który bezpośrednio steruje sekcją obudowy na podstawie sygnałów otrzymanych z nadrzędnego systemu sterowania obudową (EUSS). Przyjęto, że układ regulacji sekcji (URS) będzie w pełni kompatybilny z nadrzędnym, standardowo stosowanym systemem sterowania obudową (EUSS) tak, aby nie zmieniać wypróbowanych już w praktyce rozwiązań. Cechy i funkcjonalności tychże układów umożliwią przyspieszenie prace badawczych i prac wdrożeniowych oraz obniżenie ich kosztów.



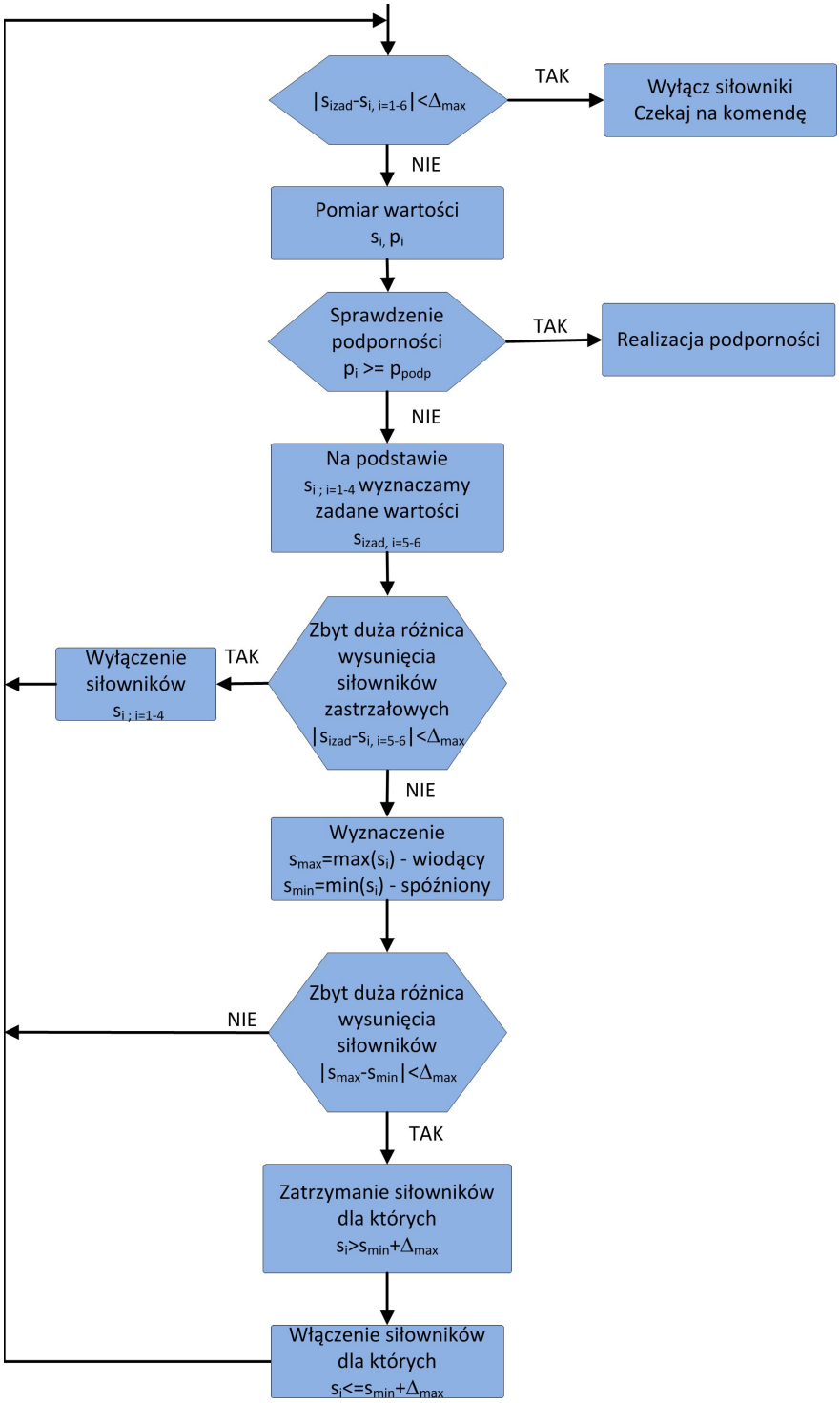
Rys. 7. Schemat blokowy nowego układu sterowania sekcją

Jak już nadmieniono układ regulacji pojedynczej sekcji składa się z warstwy sterowania nadrzędnego i warstwy sterowania bezpośredniego. Układ regulacji sekcji jest zintegrowany z sekcją obudowy poprzez sygnały pomiarowe i sterujące. Z uwagi na nadmiarowość kinematyczną obiektu podlegającego sterowaniu konieczne było wyposażenie każdego ze stojaków hydraulicznych w przetworniki drogi oraz przetworniki ciśnienia, mierzące ciśnienie emulsji w przestrzeni nad- i pod-tłokowej stojaka. Układ pomiarowo-sterujący sekcji, schematycznie pokazano na rysunku 8. Na tym rysunku kolorem czerwonym zaznaczono przetworniki przemieszczenia zabudowane w siłownikach, kolorem niebieskim sygnały elektryczne z przetworników i sterujące zaworami elektrohydraulicznymi, natomiast kolorem zielonym zaznaczono przewody hydrauliczne łączące elektrozawory z siłownikami hydraulicznymi. Warstwa sterowania nadrzędnego komunikuje się z nadrzędnym systemem sterowania obudową (EUSS). Ze sterownika EUSS otrzymuje sygnały sterujące np. rabowanie sekcji, rozpieranie sekcji, itd., a zwrotnie EUSS otrzymuje informacje o jej stanie.



Rys. 8. Schemat układu pomiarowo-sterującego sekcji

Warstwa ta interpretuje sygnały (rozkazy) otrzymane z EUSS i wylicza wartości zadane dla warstwy sterowania bezpośredniego. Warstwa sterowania bezpośredniego to część układu regulacji, która na podstawie sygnałów (rozkazów) z części nadrzędnej realizuje sterowanie zaworami hydraulicznymi w celu wykonania określonych funkcji. Ta warstwa sterowania jest odpowiedzialna za pomiar i generowanie sterowań. W tej warstwie na podstawie zmierzonych przemieszczeń siłowników hydraulicznych s_i (stojaków głównych i stojaków zastrzałowych), uśrednionych kątów ich pochylenia α_i oraz wartości zadanych w postaci wysuwu poszczególnych stojaków s_{izad} wyznaczane są sygnały sterujące u_i, które sterują bezpośrednio zaworami hydraulicznymi sekcji. Przykładowy algorytm sterowania prototypową sekcją dla cyklu rozpierania pokazano na rysunku 9. Algorytm ten ma za zadanie rozeprzeć obudowę w celu uzyskania podporności przy jednoczesnej kontroli stateczności obudowy. Z uwagi na fakt, że opracowana obudowa ma określone własności kinematyczne, wprowadzono ograniczenia na kąty pochylenia obudowy. Ze względu na jej konstrukcję i oczywiste niesymetryczności układu skutkujące nierównomiernym wysuwem siłowników zachodzi konieczność ciągłej kontroli jej pochylenia. Skutkuje to koniecznością kontroli kątów pochylenia, a tym samym położenia siłowników. Dlatego algorytm opracowano w taki sposób, by zadawać kolejne punkty trajektorii ruchu siłowników s_{zi}, aż do jej całkowitego rozparcia. W przypadku, gdy obudowa osiągnie zadaną podporność proces rozpierania zostaje zatrzymany.



Rys. 9. Algorytm rozpierania sekcji, w którym: p - mierzone ciśnienie w stojakach, s - mierzony wysuw stojaków, s_{izad} - zadana wartość wysuwu stojaka, i - numer stojaka

4. Podsumowanie

Bogactwo zasobów cienkich pokładów węgla zarówno w Polsce jak i na świecie skłania do poszukiwania nowych i bardziej efektywnych technologii ich wybierania. Jednym z podstawowych problemów eksploatacji cienkich pokładów węgla są ekstremalnie trudne warunki pracy oraz obsługi maszyn zmechanizowanego kompleksu ścianowego. Analiza

ograniczeń technicznych i ekonomicznych towarzyszących eksploatacji pokładów o niewielkiej miąższości wskazuje, że jednym z możliwych sposobów ich wyeliminowania jest poszukiwanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn zmechanizowanego kompleksu ścianowego.

Przedstawiona w artykule koncepcja sekcji obudowy zmechanizowanej nowego typu stanowi rozwiązanie łączące w sobie zalety obudów podporowo - osłonowych oraz klasycznych obudów podporowych. W efekcie możliwe jest polepszenie istotnych, z punktu widzenia eksploatacji pokładów cienkich, parametrów obudowy, w tym zwiększenie przekroju strefy przejścia jak i zmniejszenie masy obudowy w stosunku do założonej podporności obudowy.

Opisane w niniejszym artykule zagadnienia stanowią podstawę do dalszych prac badawczych oraz wdrożeniowych nad nową konstrukcja obudowy do pokładów cienkich. W następnej kolejności przewiduje się przeprowadzenie szczegółowych badań analitycznych i modelowych w zakresie statyki i wytrzymałości konstrukcji obudowy oraz algorytmów sterowania. Efektem powyższego będzie opracowanie dokumentacji technicznej prototypowej sekcji obudowy oraz przeprowadzenie badań stanowiskowych, które pozwolą na końcową weryfikację rozwiązania.

Projekt zrealizowano w ramach Programu Badań Stosowanych finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (PBS3/B2/22/2015)

Literatura

[1] Krauze K., Bołoz Ł.: Eksploatacja cienkich pokładów węgla kamiennego. Wybrane problemy eksploatacji węgla i skał zwięzłych. Praca zbiorowa pod kierunkiem Krzysztofa Krauze, Janusza Resia. Kraków: Wydawnictwa AGH, 2009. ISBN 83-915742-2-9

[2] Krauze K., Bołoz Ł., Paszcza H.: Czy warto poszukiwać nowych technologii eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego w Polsce? Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze 3/2015

[3] Gospodarczyk P. i inni.: Wybrane zagadnienia modelowania procesów urabiania, ładowania i odstawy w kompleksach ścianowych. Kraków: Wydawnictwa AGH, 2015. ISBN 978-83-7464-761-8

[4] Patent PL 213664 B1. Sekcja ścianowej zmechanizowanej obudowy podporowej

[5] PN-EN 1804-1+A1:2011 Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudów zmechanizowanych. Części 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne

Mobilne urządzenie typu MUC do oczyszczania środnika szyny trasy kolejek podwieszonych

mgr inż. Waldemar Korolew
BTH. Biuro Techniczno-Handlowe
mgr inż. Dariusz Czerniak
dr inż. Zbigniew Szkudlarek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych mobilnego urządzenia czyszczącego MUC-1 przeznaczonego do oczyszczania szyn podwieszonych tras kolejek z napędem ciernym. Zaprezentowano wyniki badań skuteczności czyszczenia trasy, w celu zwiększenia współczynnika tarcia pary ciernej koło napędowe – szyna. Określono kierunek modyfikacji rozwiązania w celu poprawy efektywności i zwiększenia uniwersalności jego zastosowania w składach kolejek podwieszonych.

Abstract:

Results of operational tests of MUC-1 mobile device for cleaning the web of track of suspended monorails with frictional drive is presented. The results of effectiveness of cleaning the track to increase friction coefficient between driving wheel and rail are discussed. Direction of modifications of the cleaning device design to improve its effectiveness and versatility of its use for the suspended monorails are specified.

Słowa kluczowe: trasa kolejki podwieszonej, urządzenie czyszczące, poprawa sprzężenia ciernego

Keywords: suspended monorail track, cleaning device, improving the frictional engagement

1. Wprowadzenie

Łatwość zabudowy jednoszynowej trasy podwieszonej oraz sprawność i pewność ruchowa stosowanych rozwiązań technicznych zadecydowały o tym, że w kopalniach węgla kamiennego kolejki podwieszone stały się podstawowym środkiem transportu materiałów i urządzeń oraz dyslokacji uzbrojenia mechanicznego z jednej ściany do drugiej, a także przewozu ludzi do oddalonych przodków eksploatacyjnych.

Spośród systemów przeniesienia napędu wykorzystywanych w lokomotywach podwieszonych ekonomicznie najbardziej uzasadniony jest napęd cierny, wykorzystujący sprzężenie cierne pomiędzy kołami napędowymi a szyną. Siła tarcia statycznego F_t pomiędzy kołami napędowymi a szyną jest równa iloczynowi siły docisku kół N i współczynnika tarcia statycznego μ. Zgodnie z warunkiem sprzężenia ciernego siła ta nie może być mniejsza od siły uciągu F_u maszyny.

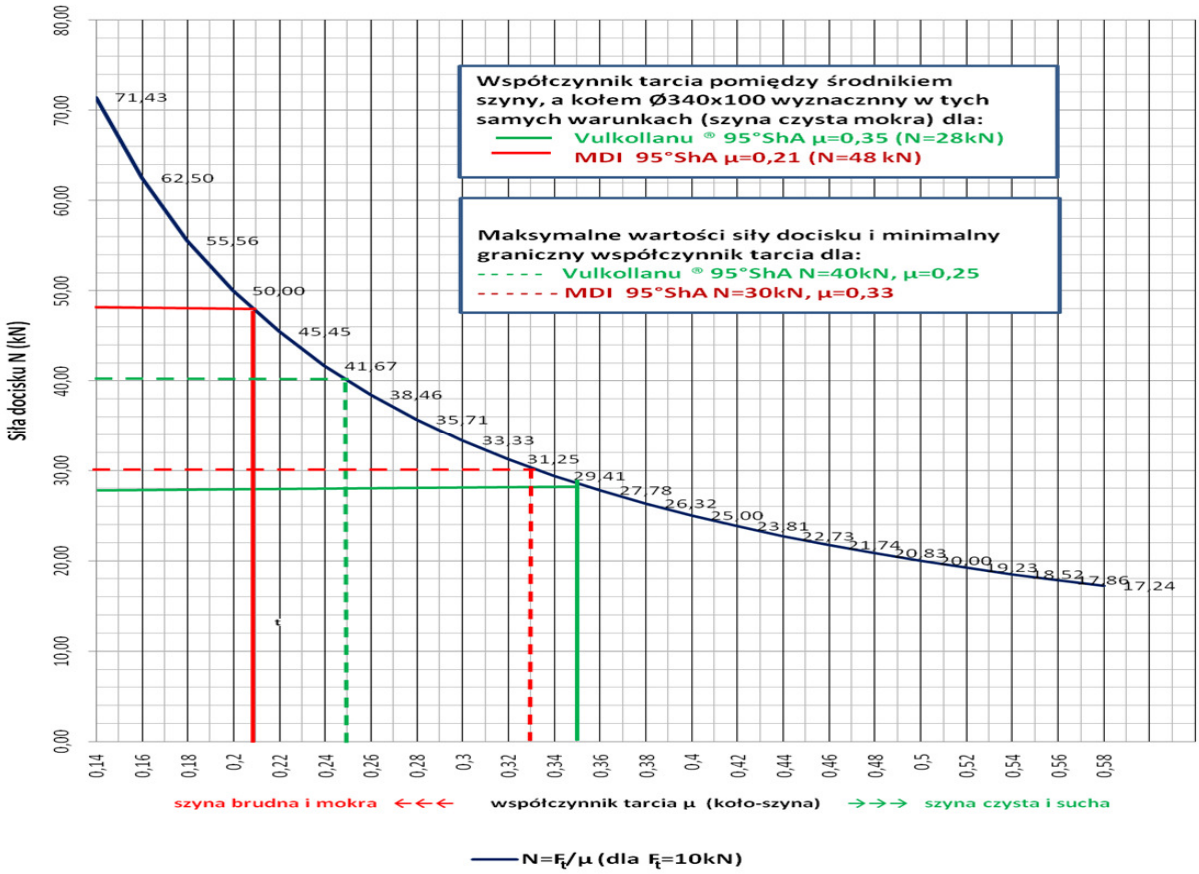
Źródłem problemów transportowych jest osadzanie się na torze jezdnym zanieczyszczeń, szczególnie mieszaniny pyłu węglowego i kamiennego z wodą, które zmniejszają wartość współczynnika tarcia (tabela 1).

Średnia wartość współczynnika tarcia μ pomiędzy kołem Ø340×100 a środnikiem szyny [6]

Tabela 1

Materiał okładziny ciernej koła	Koło na szynie suchej	Koło na szynie mokrej	Koło na szynie pokrytej mazią węglową
Poliuretan MDI	0,35	0,21	0,17
Vulkollan Quartz	0,42	0,35	0,18
Vulkollan 95°ShA	0,73	0,35	0,21

Jedną z możliwości poprawienia sprzężenia ciernego w napędzie lokomotywy jest zastosowanie koła pędnego z okładziną cierną wykonaną z materiału zapewniającego wyższą wartość współczynnika tarcia niż standardowy poliuretan MDI. Jednak w praktyce, w warunkach zabrudzonej szyny, zmniejszeniu wartości siły tarcia poniżej siły uciągu najczęściej zapobiega się przez zwiększenie siły docisku kół ciernych, nie zważając na jej maksymalną wartość dopuszczalną dla danego materiału (rys. 1).

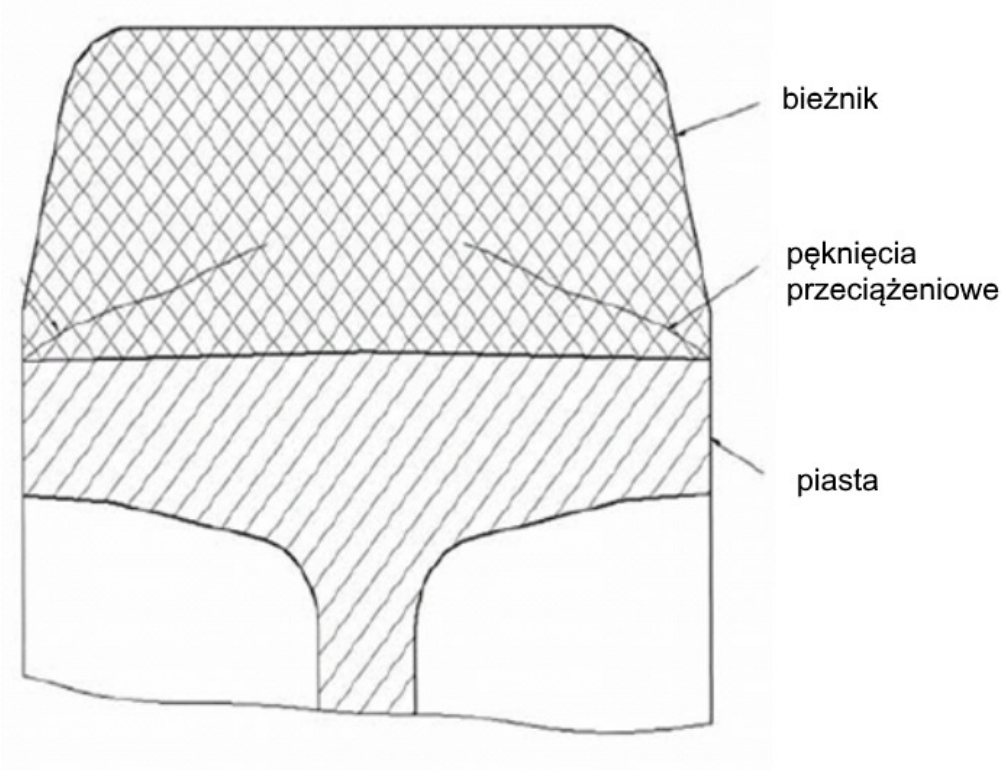


Rys.1. Zależność siły docisku koła od współczynnika tarcia $N(\mu) = F_t/\mu$ dla $F_t = 10$ kN [6]

Taki sposób postępowania doprowadza do szybkiego zużycia kół ciernych, gdyż zwiększanie siły docisku powoduje wzrost cyklicznych odkształceń polimeru okładziny ciernej koła, przez co wzrasta ilość wydzielanego w nim ciepła. W konsekwencji nadmiar ciepła powoduje przekroczenie temperatury krytycznej, co skutkuje przejściem materiału w stan plastyczny, w którym występuje przyśpieszone ścieranie, a następnie w stan ciekły i zniszczenie struktury okładziny ciernej (rys. 2).

Rys.2. Przejście materiału okładziny ciernej w stan ciekły [8]

Innym negatywnym następstwem elastycznych deformacji bieżnika, wywołanych obciążeniami dynamicznymi, jest pękanie materiału okładziny ciernej pod powierzchnią adhezyjną spowodowane przekroczeniem obciążeń krytycznych (rys. 3).



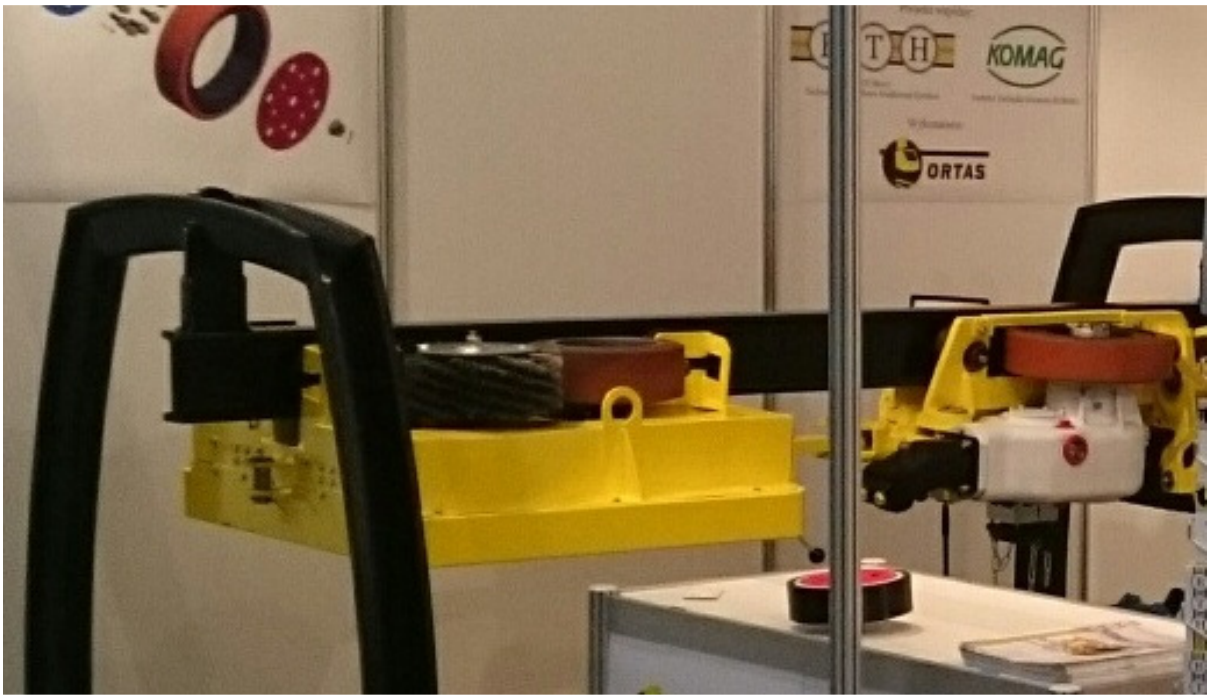
Rys.3. Pęknięcia przeciążeniowe [8]

Przedwczesnemu zużyciu kół pędnych kolejek podwieszonych można zapobiec poprzez czyszczenie zanieczyszczonych środników trasy. Dzięki temu ograniczyć można potrzebę zwiększania siły docisku. Przeprowadzone badania [6] wykazały, że dla badanego materiału współczynnik statycznego tarcia koła pędnego kolejki podwieszonej na szynie zabrudzonej mieszaniną pyłu i wody wynosi 0,18, podczas gdy na szynie mokrej współczynnik tarcia wynosi 0,35, czyli jest około dwukrotnie większy.

Uwzględniając opisane zjawiska i czynniki, w ITG KOMAG zaprojektowano, a BTH Biuro Techniczno-Handlowe wykonało prototypowe mobilne urządzenie do czyszczenia środników tras podwieszonych MUC-1.

2. Budowa urządzenia MUC-1

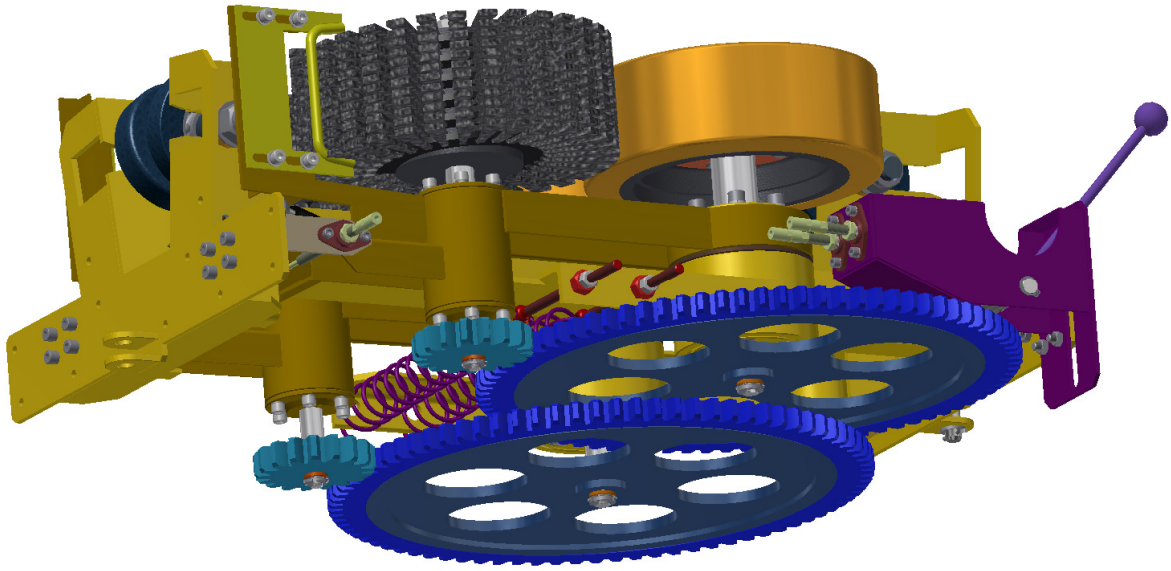
Podstawowym założeniem stojącym u podstaw budowy prototypu urządzenia MUC-1 (rys. 4) była prosta konstrukcja, której mechanizm czyszczenia nie wymaga dodatkowego napędu elektrycznego. W celu uproszczenia procedury badań funkcjonalności prototyp przewidziano do stosowania przed kabiną operatora. Narzuciło to konstruktorom potrzebę zapewnienia takich gabarytów urządzenia, aby operator mógł obserwować, co dzieje się przed kabiną. Masa urządzenia została zredukowana do minimum w celu ułatwienia jego montażu i demontażu na szynie trasy podwieszonej.



Rys.4. Prototyp urządzenia MUC-1 wystawiony na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego, Katowice 2015 [1]

Postać konstrukcyjna urządzenia MUC-1 (rys. 4), pomyślana jako czysto mechaniczna, czerpie energię niezbędną do pracy mechanizmów czyszczących wykorzystując ruch liniowy kolejki podwieszonej. Napęd szczotek wymuszany jest poprzez koła cierne dociskane do szyn podczas przemieszczania urządzenia po trasie kolejki podwieszonej. W celu uzyskania możliwie dużej prędkości obrotowej kół ciernych zastosowano mniejszą średnicę kół, niż w kołach pędnych kolejek podwieszonych.

Urządzenie (rys. 5) składa się z dwóch zespołów czyszczących, usytuowanych na wózku jezdnym po obu stronach trasy podwieszonej. Każdy zespół złożony jest z ramienia dociskowego, zaopatrzonego w koło cierne, które osadzono na pionowym wale wspólnie z dużym kołem zębatym. Obudowa łożysk wału stanowi miejsce obrotowego zamocowania drugiego ramienia, wyposażonego w obrotową szczotkę, znajdującą się na wspólnym wale z małym kołem zębatym.



Rys.5. Model 3D urządzenia MUC-1 - bez osłon [2]

Małe koło współpracuje z dużym kołem zębatym, napędzając szczotkę. Kierunek ruchu obrotowego szczotek jest przeciwny do ruchu postępowego urządzenia, co zwiększa prędkość obwodową włosia szczotki względem szyny.

Ramiona kół ciernych umieszczone po obu stronach szyny spięto wzajemnie sprężynami o regulowanej sile naciągu, co zapewnia docisk kół do szyny. Z kolei ramiona szczotek dociskane są do szyny sprężynami gazowymi, które zabudowano tak, aby ramiona szczotek można było obrócić o niewielki kąt, pokonując siłę sprężyn gazowych i ustalić położenia szczotek w pozycji oddalonej od czyszczonych powierzchni. Zmiany pozycji szczotek dokonuje się za pomocą dźwigni sterującej.

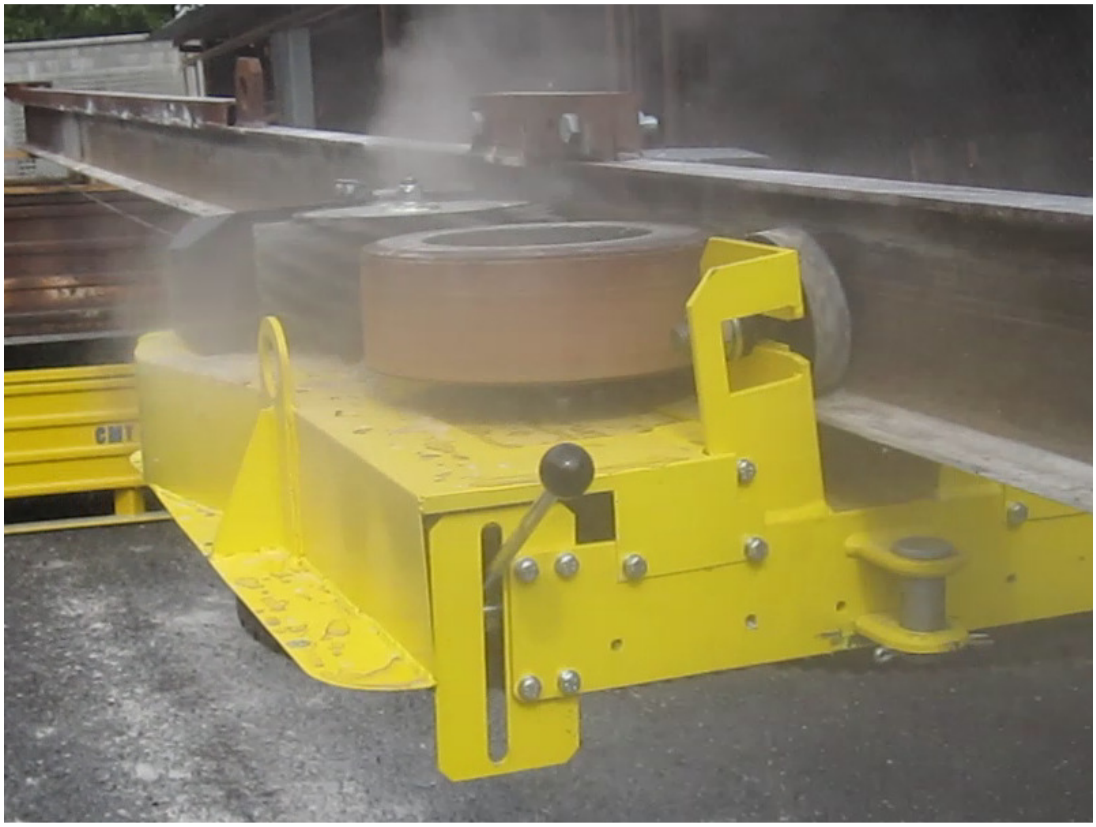
Urządzenie można zamontować na trasie w dowolnym miejscu. W tym celu należy rolki toczne zdemontować, urządzenie podnieść na odpowiednią wysokość, i następnie rolki ponownie zamontować. Masa urządzenia wyklucza ręczne podnoszenie. Przewidziano zatem ucha do unoszenie urządzenia ze spągu za pomocą wciągnika lub za pomocą ciągnika, poprzez zblocza linowe zabudowane doraźnie na trasie podwieszonej kolejki [2].

3. Badania stanowiskowe i ruchowe urządzenia MUC-1

W czerwcu 2015 roku przeprowadzono badania urządzenia MUC-1 na stanowisku badawczym u producenta prototypu (rys. 6). Badania te potwierdziły poprawność działania mechanizmu napędowego szczotek. Wykazano skuteczność czyszczenia środnika trasy podwieszonej przez szczotki walcowe z włosiem osadzonym wzdłuż linii śrubowych oraz dobrano materiał korpusu szczotek zapewniający większą trwałość szczotek [3].

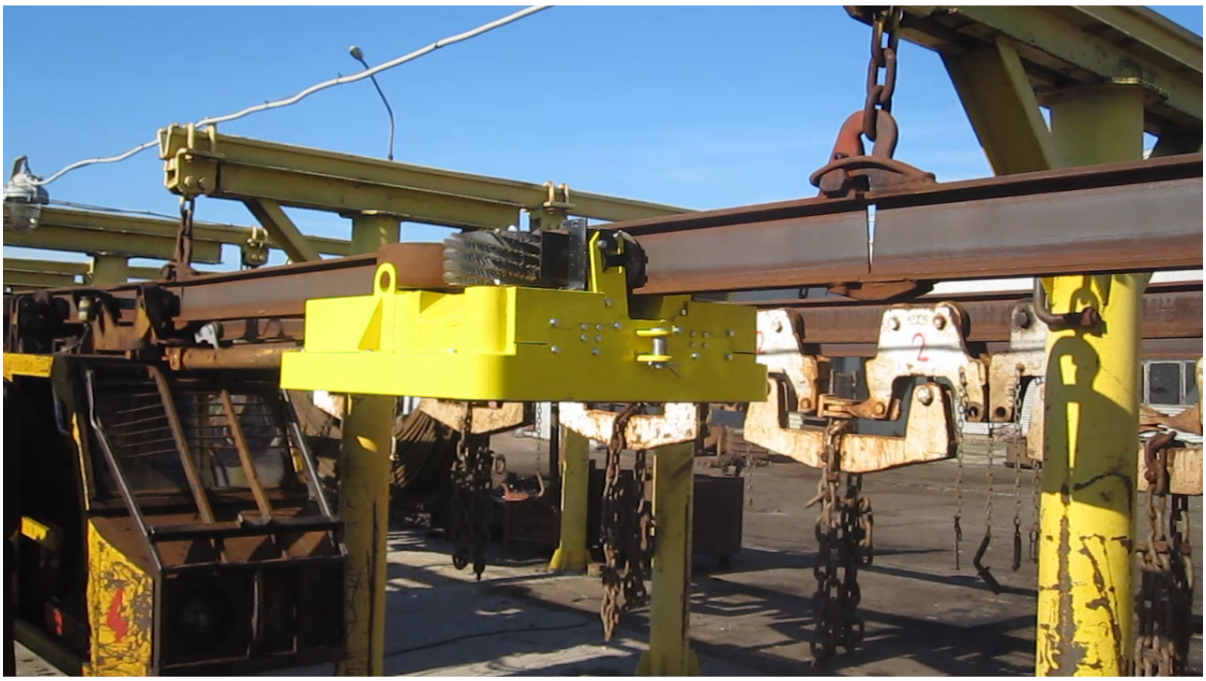
Rys. 6. Badania stanowiskowe prototypu MUC-1 [3]

We wrześniu tego samego roku na stanowisku badawczym u producenta przeprowadzono kolejne badania z nowymi szczotkami walcowymi z włosiem osadzonym wzdłuż linii śrubowych. Wyniki badań potwierdziły wysoką skuteczność czyszczenia środnika trasy podwieszonej przez nowe szczotki oraz odnotowano poprawę trwałości szczotek z korpusem wykonanym z nowego materiału. Badanie wykazało potrzebę lepszego osłonięcia wirujących szczotek (rys. 7) [3].



Rys. 7. Zapylenie generowane przez prototyp MUC-1 podczas oczyszczania suchej szyny [3]

Badania zakończono próbami ruchowymi przeprowadzonymi we wrześniu 2015 roku na powierzchni i w podziemiach zakładu górniczego. Celem prób przejazdu po powierzchniowym odcinku trasy kolei podwieszonej była ocena ewentualnej kolizyjności urządzenia z elementami podwieszonej trasy, a także ocena poprawności pokonywania zakrętów i rozjazdów (rys. 8). Prototyp MUC-1 pchany był przed lokomotywą podwieszoną z prędkością 1 m/s. Początkowe wychylanie urządzenia na zakrętach ograniczono przez zwiększenie siły docisku kół ciernych. Nie stwierdzono kolizji urządzenia czyszczącego z elementami trasy kopalnianej kolei podwieszonej [3].



Rys. 8. Próby przejazdu prototypu MUC-1 po trasie podwieszonej na powierzchni [3]

Końcowym etapem testów we wrześniu 2015 były badania ruchowe na torowisku kolejki podwieszonej w podziemiach kopalni węgla (rys. 9).

Rys. 9. Badania ruchowe prototypu MUC-1 w podziemiach kopalni węgla [3]

Celem badań urządzenia czyszczącego MUC-1 była, prowadzona w warunkach dołowych, ocena skuteczności czyszczenia środnika szyny podwieszonej przez szczotki, ewentualnej kolizyjności urządzenia z elementami podwieszonej trasy, poprawności pokonywania łuków wypukłych i wklęsłych, poprawności współpracy podzespołów urządzenia czyszczącego oraz trwałości szczotek czyszczących.

Badania objęły przejazd urządzenia pchanego przed lokomotywą podwieszoną z prędkością 1,5 m/s przez suche i mokre odcinki proste, zakręty, łuki wklęsłe, wypukłe i rozjazdy trasy oraz powrót z urządzeniem ciągniętym za lokomotywą. Szczotki skutecznie eliminowały zanieczyszczenia z powierzchni kontaktu kół ciernych lokomotywy podwieszonej z szyną.

W wyniku kontroli technicznej urządzenia przeprowadzonej po zakończeniu prób czyszczenia na torze długości 3,5 km włosie szczotek uległo równomiernemu skróceniu o 1,5 mm, zaś sam mechanizm zachował pełną funkcjonalność [3].

Szczegółowy opis przebiegu i wyników badań stanowiskowych i ruchowych urządzenia MUC-1 przedstawiony został na Konferencji KOMTECH 2015 [7].

4. Badania eksploatacyjne urządzenia MUC-1

Próby eksploatacyjne Mobilnego Urządzenia Czyszczącego MUC-1 przeprowadzono w TAURON Wydobycie SA, ZG Sobieski, Rejon Piłsudski w okresie od 15.12.2015 r. do 15.06.2016 r.

Badania miały na celu obserwację pracy urządzenia w czasie jego przejazdu pod kątem ewentualnej kolizyjności urządzenia czyszczącego z elementami podwieszonej trasy i ocenę skuteczności czyszczenia środnika szyny podwieszonej przez szczotki, ze szczególnym uwzględnieniem zawilgoconych odcinków toru pokrytego mazistą mieszaniną wody z pyłem węglowym i kamiennym.

Prototyp urządzenia MUC-1 zabudowano na szynie trasy podwieszonej przed kabiną ciągnika podwieszonego z napędem spalinowym typu CSP, produkcji Fabryki Maszyn Górniczych PIOMA SA, skonfigurowanego z czterema belkami transportowymi niskoobciążalnymi do transportu materiałów typu BN-80, produkcji PIOMA SA. Cały zestaw transportowy do transportu materiałów, maszyn i urządzeń był zabezpieczony wózkami hamulcowymi typu WHR-1, produkcji PPUH REMASZ s.c. (rys. 10).

Badania prowadzono podczas wykonywania zadań transportowych do poszczególnych oddziałów wydobywczych, przygotowawczych oraz pomocniczych na poziomie 500 m w pokładach 209 i 207, Rejon Piłsudski. Zakres transportu w przedmiotowych pokładach obejmował wyrobiska transportowe, w których występowało zmienne nachylenie, wynoszące lokalnie 10 stopni.

Rys. 10. Zabudowa prototypu MUC-1 podczas dołowych prób eksploatacyjnych [5]

Na trasie transportu poza obszarami suchymi obserwowano obfite wykraplanie się wód podziemnych, co skutkowało pokryciem trasy kolejki podwieszonej mokrą mazią mieszaniny wody z pyłem węglowym i kamiennym, powodującą obniżenie współczynnika sprzężenia ciernego pomiędzy okładziną koła i środnikiem szyny. W czasie prób ruchowych ww. zestaw transportowy przewoził materiały i urządzenia o maksymalnej masie dochodzącej do 4000 kg na każdą belkę, wykorzystując całkowicie parametry trakcyjne ciągnika podwieszonego z zachowaniem warunków bezpieczeństwa.

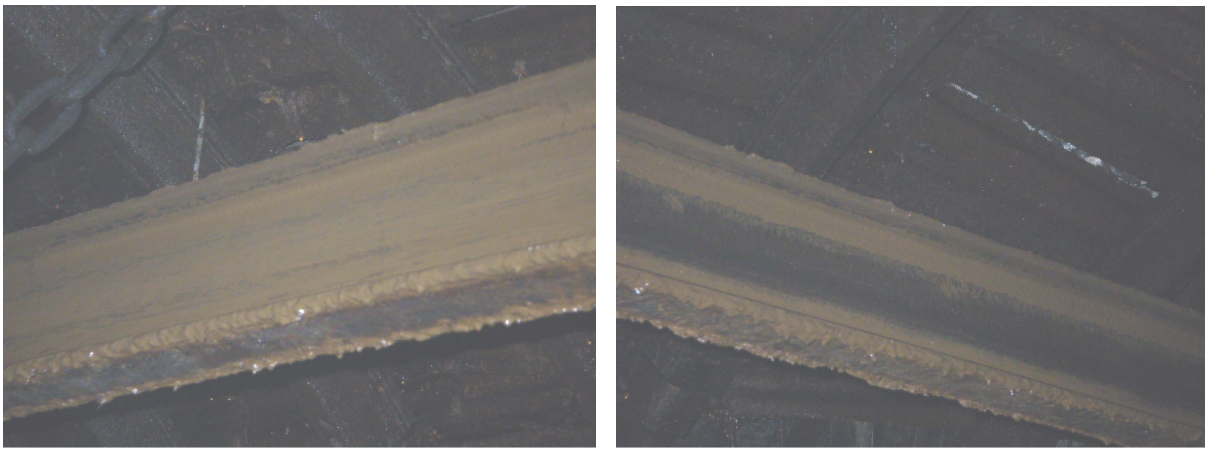
Zgodnie z wydaną opinią techniczną badane urządzenie MUC-1 zapewnia poprawę cech trakcyjnych ciągnika podwieszonego, zwiększając bezpieczeństwo prac transportowych kolejkami podwieszonymi.

W suchych rejonach kopalni czyszczenie trasy określone zostało jako bardzo skuteczne. Usunięcie drobnych części stałych i rdzy ze środnika szyny trasy wpłynęło na wzrost współczynnik tarcia, a przez to poprawę bezpieczeństwa i wydłużenie żywotności kół. Jedynym zaobserwowanym mankamentem było dość znaczne zapylenie generowane przez wirujące w trakcie jazdy szczotki.

W mokrych rejonach kopalni, w miejscach o znacznym zanieczyszczeniu trasy mazią, również nastąpiła znaczna poprawa współczynnika tarcia (rys. 11). Oczywiście nie osiągnął on wartości tak dużej, jak na szynie suchej, gdyż środnik pozostał wilgotny.

Naturalne zużycie włosia szczotki wyniosło ok. 0,5 mm co przy długości włosa 40 mm stanowi ok. 1,25% i uznane zostało jako bardzo satysfakcjonujące.

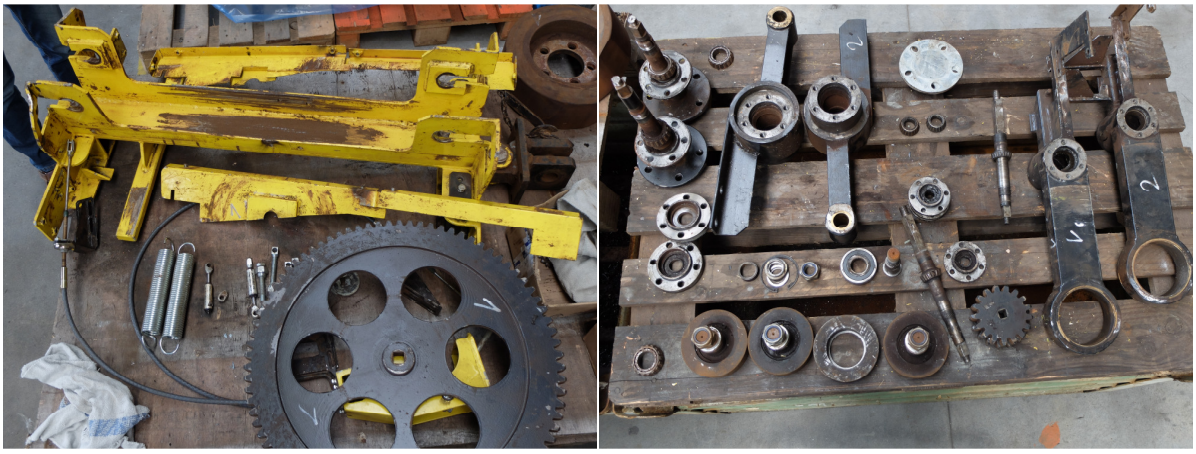
W wyniku przeprowadzonych badań eksploatacyjnych wyłoniła się potrzeba wyposażenia obrotowych szczotek w osłony, które ograniczą rozprzestrzenianie się kurzu generowanego podczas czyszczenia suchych odcinków trasy. Wskazana została także potrzeba poprawy skuteczności czyszczenia na szynach mokrych i pokrytych mazią.



Rys. 11. Widok pokrytego mazią środnika szyny przed i po przejeździe urządzenia MUC-1 [5]

5. Przegląd techniczny urządzenia MUC-1 po badaniach eksploatacyjnych

Po zakończeniu dołowych prób eksploatacyjnych prototyp urządzenia czyszczącego MUC-1 przekazany został producentowi dla dokonania oceny trwałości i poprawności współpracy podzespołów urządzenia czyszczącego. Po oględzinach kompletnego urządzenia rozebrano go na części składowe, które następnie poddano przeglądowi przez producenta i konstruktorów ITG KOMAG (rys. 12).

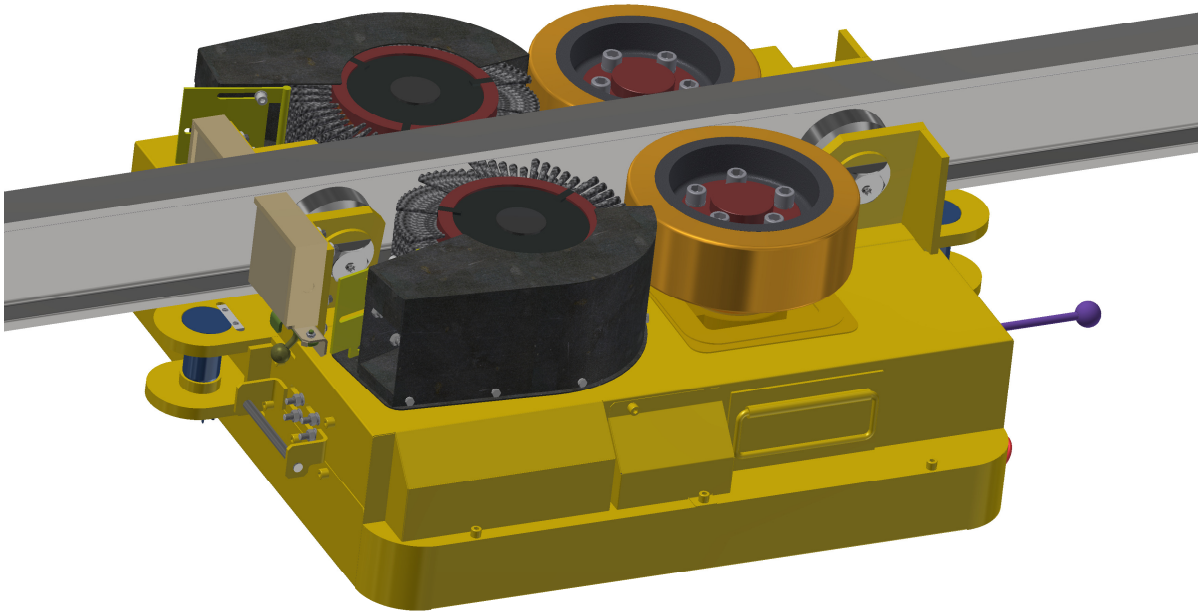


Rys. 12. Zdemontowany po próbach eksploatacyjnych prototyp urządzenia MUC-1 [1]

Przeprowadzona pod kątem zapewnienia długotrwałego i bezawaryjnego użytkowania analiza zużycia poszczególnych elementów wskazała na możliwości udoskonalenia konstrukcji docelowego urządzenia czyszczącego MUC-2 [4]. Podstawowa zmiana polegać powinna na zabudowaniu mechanizmów urządzenia na wzmocnionej ramie nośnej zdolnej bezpiecznie przenieść siłę uciągu ciągnika podwieszonego, dzięki czemu możliwe będzie skonfigurowanie urządzenia w dowolnym miejscu zestawu transportowego, korzystnie pomiędzy kabiną, a pierwszym wózkiem napędowym. Tym samym zwiększona zostanie sztywność konstrukcji. Celowym jest ułatwienie okresowego uzupełniania smaru w węzłach łożyskowych oraz zabezpieczenie ich dodatkowymi uszczelnieniami przeciwpyłowymi.

6. Urządzenie do czyszczenia MUC-2

Spostrzeżenia i wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych dołowych prób eksploatacyjnych oraz następującego po nich przeglądu technicznego wykorzystane zostały przy konstruowaniu mobilnego urządzenia do czyszczenia środnika szyny trasy kolejek podwieszonych MUC-2 (rys. 13).

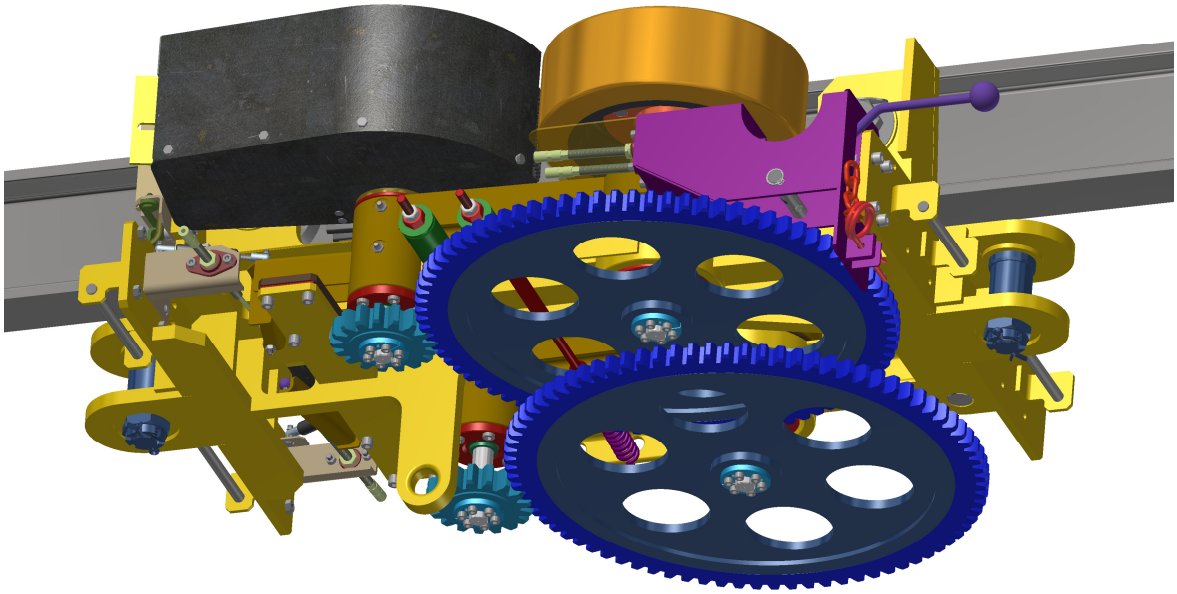


Rys. 13. Model 3D urządzenia czyszczącego MUC-2 [opracowanie własne]

W rozwiązaniu jako wózek jezdny zastosowano dedykowaną do urządzenia belkę transportową, poruszającą się po trasie podwieszonej za pomocą ciągnika kolejki podwieszonej na czterech rolkach posiadających możliwość szybkiego demontażu.

Na wózku po obu stronach szyny usytuowane są dwa podzespoły czyszczące, identyczne funkcyjnie jak w urządzeniu MUC-1. Wykorzystano takie same koła cierne oraz koła zębate przekładni multiplikujących, które osadzono na wałach za pomocą pierścieni rozprężno-zaciskowych, zyskując dużą sztywność połączenia oraz łatwość montażu i demontażu.

Podczas przesuwu urządzenia koło cierne, sprzęgnięte regulowanym dociskiem ze środnikiem szyny podwieszonej trasy jezdnej, wprawiane jest w ruch obrotowy i przekazuje go za pomocą przekładni zębatej na obrotową szczotkę (rys. 14).



Rys. 14. Model 3D urządzenia czyszczącego MUC-2 bez osłon [opracowanie własne]

Łańcuch kinematyczny pomiędzy kołem ciernym a obrotową szczotką multiplikuje pięciokrotnie liczbę obrotów szczotki, a kierunek ruchu obrotowego szczotki jest przeciwny do ruchu postępowego urządzenia. Przeciwny ruch obrotowy powoduje zwiększenie prędkości obwodowej włosia względem czyszczonej trasy, co jest korzystne z uwagi na skuteczność czyszczenia. Dla poprawy tej efektywności na szynach pokrytych mazią mieszaniny wody z pyłem węglowym i kamiennym zaproponowano stosowanie szczotek dedykowanych do tego rodzaju zanieczyszczeń, wykonanych ze specjalnie dobranego włosia. W warunkach suchych wykorzystywane byłyby szczotki z włóknem BETEH, z sukcesem przetestowane w prototypie MUC-1. Opracowano również koncepcję szczotki uniwersalnej, złożonej z naprzemiennych zwojów z włókna miękkiego do pracy na mokro oraz sztywnego do pracy na sucho. Wymiana szczotki w urządzeniu wymaga odkręcenia tylko jednej nakrętki.

Urządzenie wyposażono w parę zgarniaczy usytuowanych z przodu wózka jezdnego przed rolkami tocznymi, które można będzie używać na trasach mokrych pokrytych grubą warstwą mazi mieszaniny wody z pyłem węglowym i kamiennym. Zgarniacze, po zwolnieniu z zaczepów, dociskane są sprężyną do środników szyny realizując czyszczenie wstępne trasy (rys. 15). Pozostałą część osadu usuwać będą szczotki obrotowe. Zarówno zgarniacze, jak i szczotki walcowe można ustalić w pozycji odsuniętej od kontaktu z szyną. W stosunku do prototypu wydłużono skok cięgieł załączających szczotki oraz sprężyn gazowych je dociskających. Zabieg ten pozwala na wydłużenie czasu użytkowania szczotek, pozwalając na zużycie do 35 mm długości włosia.

Rys. 15. Oczyszczanie środnika szyny z mazi za pomocą zgarniaczy i szczotek obrotowych [opracowanie własne]

Szczotki obrotowe wyposażone zostały w osłony pyłowe, które ograniczyć powinny dokuczliwe zapylenie generowane podczas usuwania drobnych zanieczyszczeń i rdzy z tras suchych.

Wózek jezdny przystosowany został do przewożenia ładunków o masie do 500 kg, które podwiesić można pod urządzeniem. Wyposażony został dodatkowo w cztery uchwyty do podnoszenia, do których mocowane mogą być kable i przewody.

Urządzenie przewidziane jest do stosowania z ciągnikiem kolejki podwieszonej w konfiguracji pomiędzy przednią kabiną a pierwszym wózkiem napędowym, względnie przed kabiną poprzedzone wózkiem hamulcowym (rys. 16).

Rys. 16. Konfiguracje urządzenia MUC w zestawie transportowym [opracowanie własne]

7. Podsumowanie

Dołowe badania eksploatacyjne urządzenia MUC-1 wykazały pełną funkcjonalność pracy jego podzespołów oraz wysoką skuteczność czyszczenia środnika szyny na trasach suchych. Wzrost wartości współczynnika tarcia na mokrych trasach pokrytych wodną mieszaniną pyłu

węglowego i kamiennego, przy zastosowaniu tych samych szczotek obrotowych, uwidocznił się umożliwieniem przejazdu zestawu transportowego, wykorzystującego pełną siłę uciągu ciągnika podwieszonego.

W trakcie prób eksploatacyjnych nie stwierdzono utraty siły tarcia pomiędzy kołem ciernym ciągnika i szyną w newralgicznych miejscach, co wpływa na poprawę bezpieczeństwa i pozwala na zachowywanie nominalnej siły docisku napędowych kół ciernych kolejki.

Próby eksploatacyjne były finalnym etapem badań prototypu urządzenia MUC-1, które pozwoliły zweryfikować poprawność konstrukcji oraz skuteczność działania w warunkach rzeczywistych. W ich wyniku zdefiniowano założenia konstrukcyjne do zaprojektowania nowego urządzenia czyszczącego. W oparciu o te założenia, uwzględniające uwagi sformułowane przez użytkowników prototypu, z uwzględnieniem wniosków z końcowego przeglądu technicznego, skonstruowano docelowe mobilne urządzenie MUC-2 do oczyszczania środnika szyny trasy kolejek podwieszonych. Urządzenie to poddane zostanie procedurze dopuszczenia WUG do stosowania w podziemiach kopalń. Rozwiązanie chronione jest zgłoszeniem patentowym nr P.410197.

Literatura

[1] Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.

[2] Drwięga A., Szkudlarek Z., Czerniak D. i in.: Oczyszczanie tras kolejek podwieszonych w celu zwiększenia przyczepności okładzin kół pędnych. Mobilny moduł do czyszczenia tras podwieszonych, ITG KOMAG Gliwice 2014 (materiały niepublikowane)

[3] Hupák M., Procházka R.: Zpráva z provozní zkoušky čisticího zařízení MUC-1A. ORTAS s.r.o., Příbram wrzesień 2015 (materiały niepublikowane)

[4] Hupák M., Škola M.: Zpráva z kontroly čisticího zařízení MUC-1A. ORTAS s.r.o., Příbram lipiec 2016 (materiały niepublikowane)

[5] Jarczyk J.: Sprawozdanie nr 1/GG2/2016 z przeprowadzonych prób eksploatacyjnych i testów Mobilnego Urządzenia Czyszczącego MUC-1 oferowanego przez BTH Biuro Techniczo-Handlowe Waldemar Korolew do kolejki podwieszonej, ZG Sobieski, Tauron Wydobycie SA, Jaworzno czerwiec 2016 (materiały niepublikowane)

[6] Kowal A.: Badania koła napędowego do ciągników kolejek podwieszonych. Sprawozdanie z pracy NB-219/RG-2/2010. Instytut Mechanizacji Górnictwa, Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice wrzesień 2010 (materiały niepublikowane)

[7] Urządzenie MUC-1 do czyszczenia toru kolejki podwieszonej, Korolew W. i in. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa: bezpieczeństwo, efektywność, niezawodność. KOMTECH 2015, Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice: ITG KOMAG, 2015, s. 155-160.

[8] Vulkollan wheels – causes for failures. Räder-Vogel, b.m.r.w. (materiały niepublikowane)

Badania przemysłowe przekładni organu urabiającego kombajnu chodnikowego

mgr inż. Radomir Miczyński
inż. Karol Gągałka
Bumech S. A. Dział badań i rozwoju

Streszczenie:

W artykule zaprezentowano metodę oraz wyniki badań nowego typu przekładni organu urabiającego kombajnu górniczego podnoszącego wydajność i bezpieczeństwo w czasie eksploatacji w podziemiach zakładu górniczego. Przygotowanie koncepcji przekładni wymagało wykonania wspomaganej komputerowo analizy wytrzymałościowej metodą elementów skończonych, której prezentację wyników przedstawiono w niniejszym artykule. Wnioski z badań umożliwiły akceptację budowy prototypu przekładni. Na podstawie doświadczeń z eksploatacji prototypu stwierdzono wzrost użyteczności przekładni poprzez podniesienie wydajności i bezpieczeństwa pracy przekładni organu urabiającego w kombajnie chodnikowym.

Abstract:

The method and results of testing the new type of gear of roadheader's cutter head, which increases production output and safety during operation in mine underground are presented. Realization of the gear concept required computer aided strength analysis by the finite elements method, results of which are presented in the paper. Conclusions from the performed tests enabled acceptation of the gear prototype. Experience from operation of the gear prototype proved increase of production output and safety of the gear of roadheader's cutter head.

Słowa kluczowe: badanie przekładni organu urabiającego, przekładnia organu urabiającego, kombajn górniczy, organ urabiający

Keywords: tests of cutter head's gear, cutter head's gear, roadheader

1. Cel projektu

Przeprowadzone badania przemysłowe nowego typu przekładni organu urabiającego kombajnu chodnikowego mają na celu podniesienie wydajności i bezpieczeństwa podczas eksploatacji w podziemiach zakładu górniczego. Badania przeprowadzono w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.

2. Wprowadzenie

Badania zrealizowano w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna gospodarka 2007-2013, dotowanego przez Unię Europejską. Firma Bumech w ramach projektu otrzymała dofinansowanie w wysokości 56% całego budżetu projektu. Część badawczo-koncepcyjna projektu była realizowana przez podwykonawcę - firmę EC Project Sp. z o. o z Krakowa.

Wymagania stawiane przez Spółki Węglowe producentom maszyn górniczych spowodowały konieczność wprowadzenia do oferty i użytku innowacyjnej przekładni organu urabiającego ze zraszaniem wewnętrznym dla kombajnu chodnikowego typu AM-50. Konsekwencją obostrzeń nakładanych przez przemysł wydobywczy i braku alternatywnej konstrukcji było pojawienie się niszy na rynku. Spółki sektora górniczego od kilkunastu lat wykorzystywały przekładnie w niezmienionej wersji o mocy 100 kW, o parametrach technicznych nie pozwalających na w pełni wydajną i efektywną eksploatację złóż. Kombajny AM-50 były wyposażone w reduktor 100/20 o mocy 100 kW i przełożeniu nominalnym 20, a warunki pracy niejednokrotnie przekraczały ich możliwości. Konieczna okazała się poprawa

parametrów celem dostosowania urządzenia do coraz trudniejszych warunków górniczo - geologicznych. Samo zwiększenie mocy przekładni do 160 kW umożliwiło urabianie skał o wytrzymałości na ściskanie między 60 a 100 MPa.

Przedstawiona sytuacja na rynku górniczym zainicjowała w firmie BUMECH powstanie idei skonstruowania przekładni opartej na najnowszych rozwiązaniach technicznych. Sam pomysł trafił na podatny grunt i wkrótce przerodził się w przedsięwzięcie o kilkumilionowym budżecie. Projekt realizowany był w latach 2012 – 2015 w ramach „Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013 Oś priorytetowa: Badania i rozwój nowoczesnych technologii 1.4 Wsparcie projektów celowych" współfinansowanego przez Unię Europejską. Realizowany projekt ostatecznie przybrał nazwę: „Opracowanie i wdrożenie innowacyjnej przekładni organu urabiającego do kombajnu chodnikowego". Proponowana postać konstrukcyjna miała łączyć skokowy wzrost dwóch najważniejszych wielkości w górnictwie – wydajności i bezpieczeństwa.

3. Założenia – parametry mechaniczne

Na podstawie długoletnich doświadczeń eksploatacyjnych przy pracach drążeniowych w kopalniach węgla kamiennego oraz coraz wyższych wymagań górnictwa w zakresie wydajności i bezpieczeństwa pracy na wstępie prac projektowych zostały założone parametry mechaniczne przekładni:

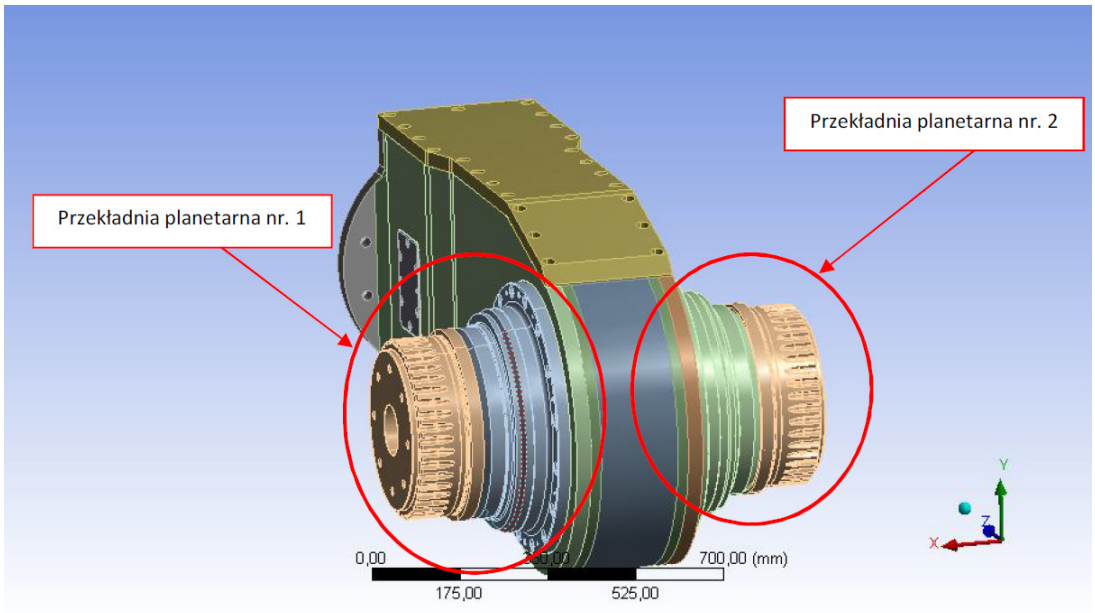
- Moc do 160 kW w celu przyspieszenia procesu drążenia chodnika. Zraszanie zanożowe oraz zraszanie z tzw. kurtyną powietrzno-wodną
- Wymuszenie smarowania przekładni w celu umożliwienia jej pracy w dowolnym położeniu organu bez żadnych ograniczeń czasowych
- Układ chłodzenia przekładni w celu umożliwienia jej pracy w dowolnym położeniu organu bez żadnych ograniczeń czasowych
- Nowy systemu mocowania wrębnika
- Przełożenie: i = 20
- Obroty wału wyjściowego: 73,5 obr/min.

4. Opis prowadzonych badań

W ramach części badawczej opracowano koncepcję konstrukcji innowacyjnej przekładni w postaci przestrzennego modelu geometrycznego (rys. 1). Model koncepcyjny 3D miał posłużyć później do przygotowania dokumentacji technicznej do budowy prototypów komponentów przekładni organu urabiającego. Po opracowaniu modelu koncepcyjnej przekładni poddano go analizie wytrzymałościowej z zastosowaniem metody elementów skończonych.

Analiza wytrzymałościowa została przeprowadzona przez firmę EC Project Sp. z o.o. z Krakowa, która uczestniczyła w realizacji projektu w wyniku rozstrzygnięcia postępowania mającego na celu wybór podwykonawcy części badawczej przedsięwzięcia. W ramach postępowania oceniono doświadczenie, certyfikaty oraz zaplecze techniczne do realizacji przewidzianych w ramach projektu zadań. Prezentowane w niniejszym artykule badania umożliwiały weryfikację wartości naprężeń w konstrukcji przekładni dla zadanych

obciążeń oraz sprawdzenie możliwości zablokowania części planetarnej przekładni, będącej elementem przeniesienia napędu.



Rys.1. Model CAD [5]

5. Opis prowadzonych analiz

Wszystkie analizy wykonano na modelach 3D (rys. 1). Na podstawie otrzymanego rozkładu i wartości naprężeń w konstrukcji, które były efektem zadanych obciążeń na organy urabiające, zidentyfikowano przypadki występowania maksymalnych wartości sił skupionych na organach urabiających. W celu uproszczenia obliczeń wytrzymałościowych i redukcji zbędnych elementów usunięto wszystkie śruby i łożyska zastosowane w przekładni. Części te zastąpiono przez odpowiednie więzy geometryczne [1, 2, 4].

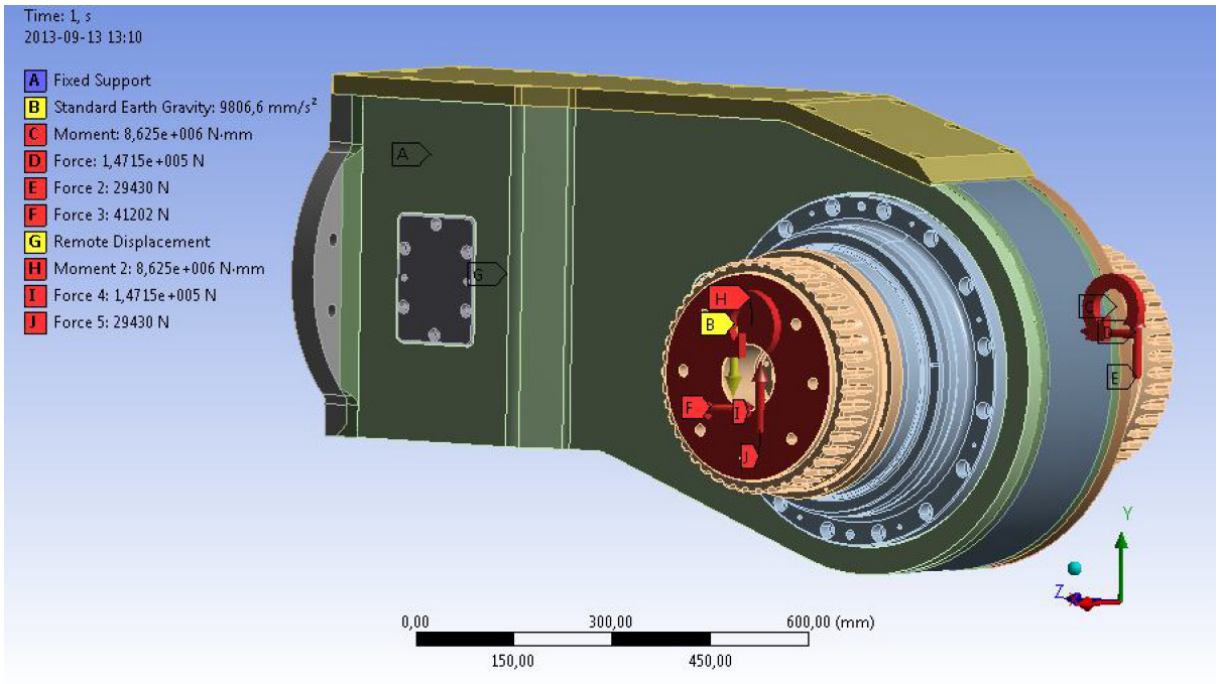
6. Warunki brzegowe, obciążenia i materiał

Jako materiał zastosowano stal konstrukcyjną 18H2N2 i S355 o następujących właściwościach:

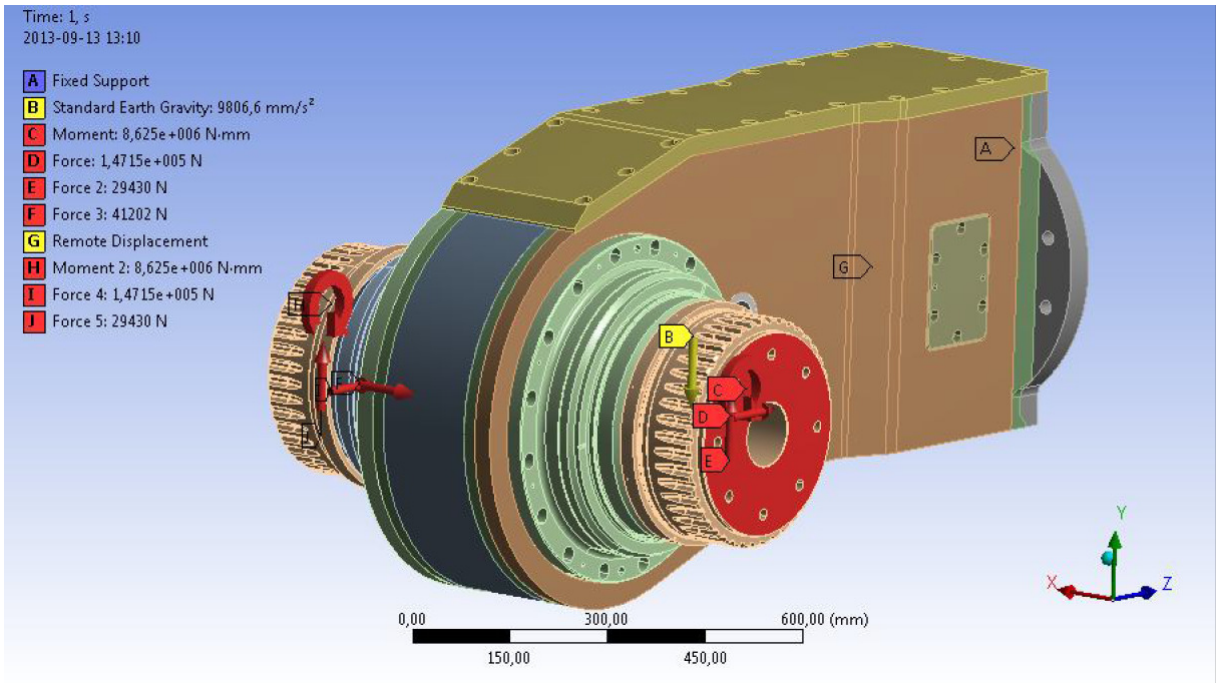
- gęstość : 7850 kg/m^3
- moduł Younga: 205 GPa
- liczba Poisson'a: 0,3

Rodzaj materiału	**Granica plastyczności R_e [MPa]**	**Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]**
18H2N2	830	1450
S355	345	630

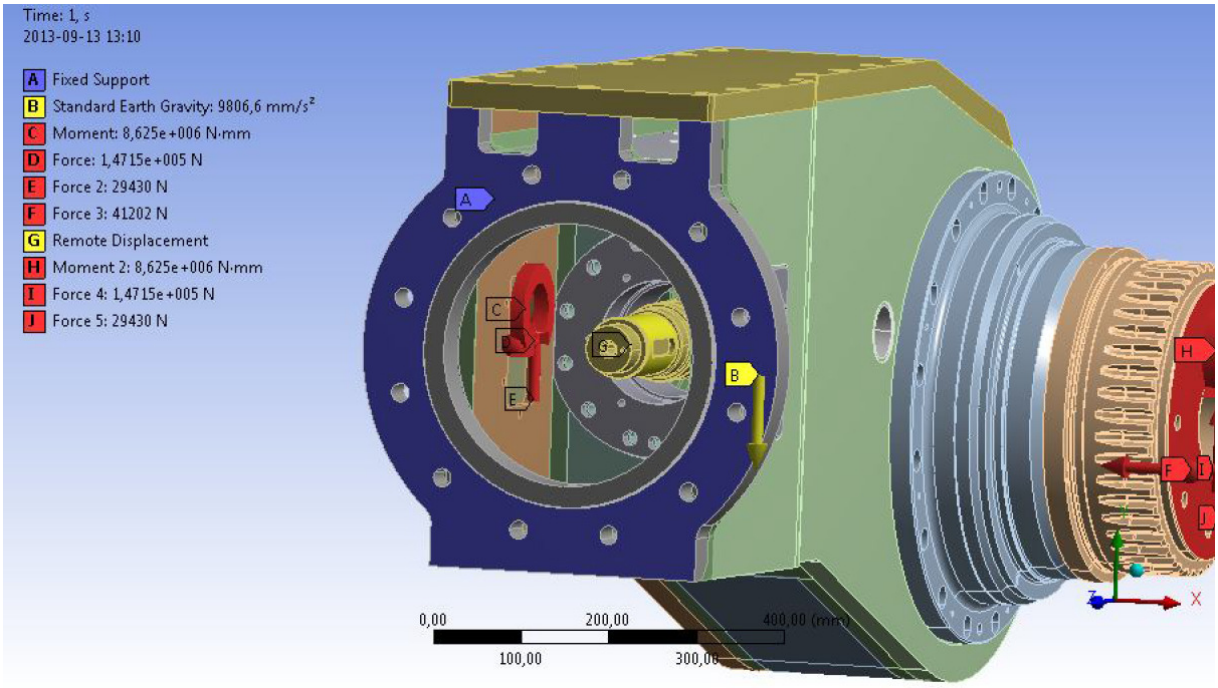
Analizowany stan naprężeń obejmuje obciążenie organów urabiających połową obciążenia maksymalnego przypadającą na każdy organ urabiający. Wybrany przypadek obciążenia występuje przez większość typowej pracy kombajnu [1, 2]. Płaszczyzna oznaczona symbolem A (rys. nr 4) została sztywno utwierdzona, natomiast powierzchnia na wale oznaczona symbolem G (rys. nr 2 i 3) została pozbawiona tylko możliwości obrotu wokół osi OZ globalnego układu współrzędnych. Warunki brzegowe (utwierdzenia i obciążenia) przedstawiono na poniższych rysunkach (rys. nr 2, 3 i 4).



Rys. 2. Widok izometryczny 1 modelu obliczeniowego przekładni [5]



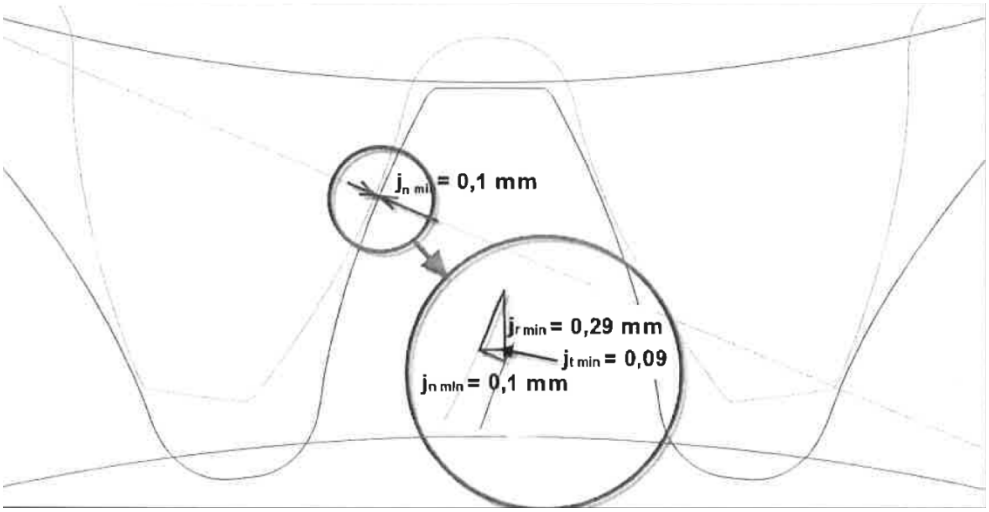
Rys. 3. Widok izometryczny 2 modelu obliczeniowego przekładni [5]



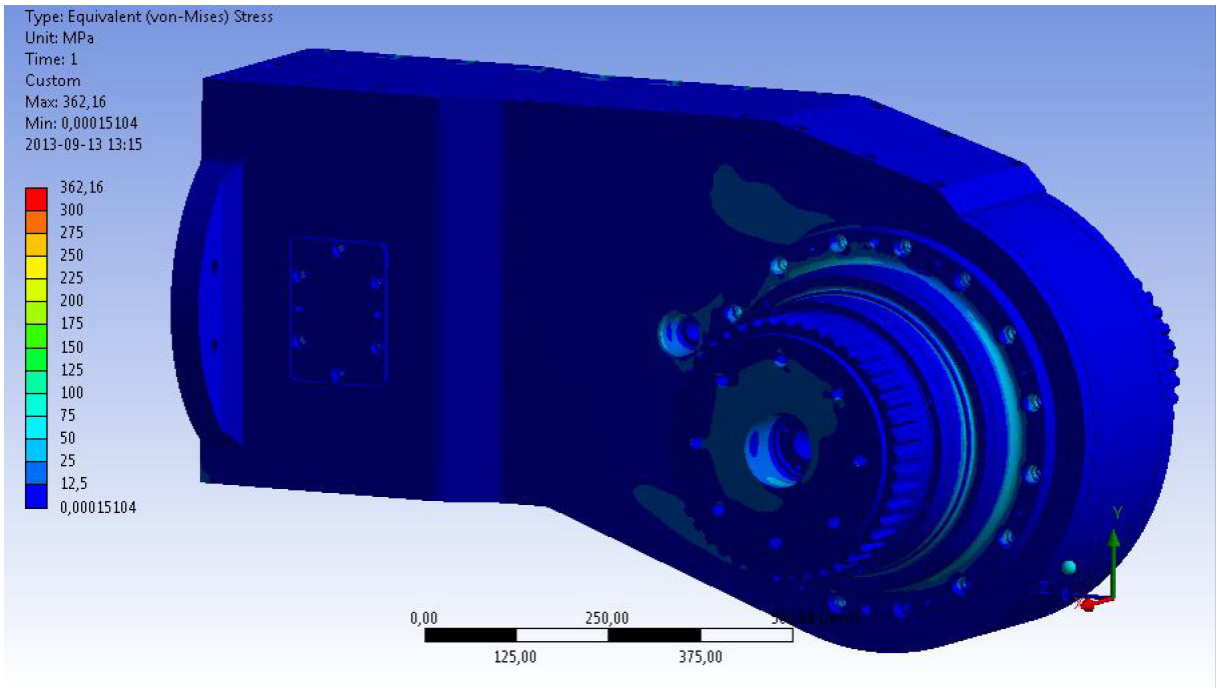
Rys. 4. Widok modelu obliczeniowego przekładni od strony wysięgnika kombajnu chodnikowego [5]

7. Wyniki

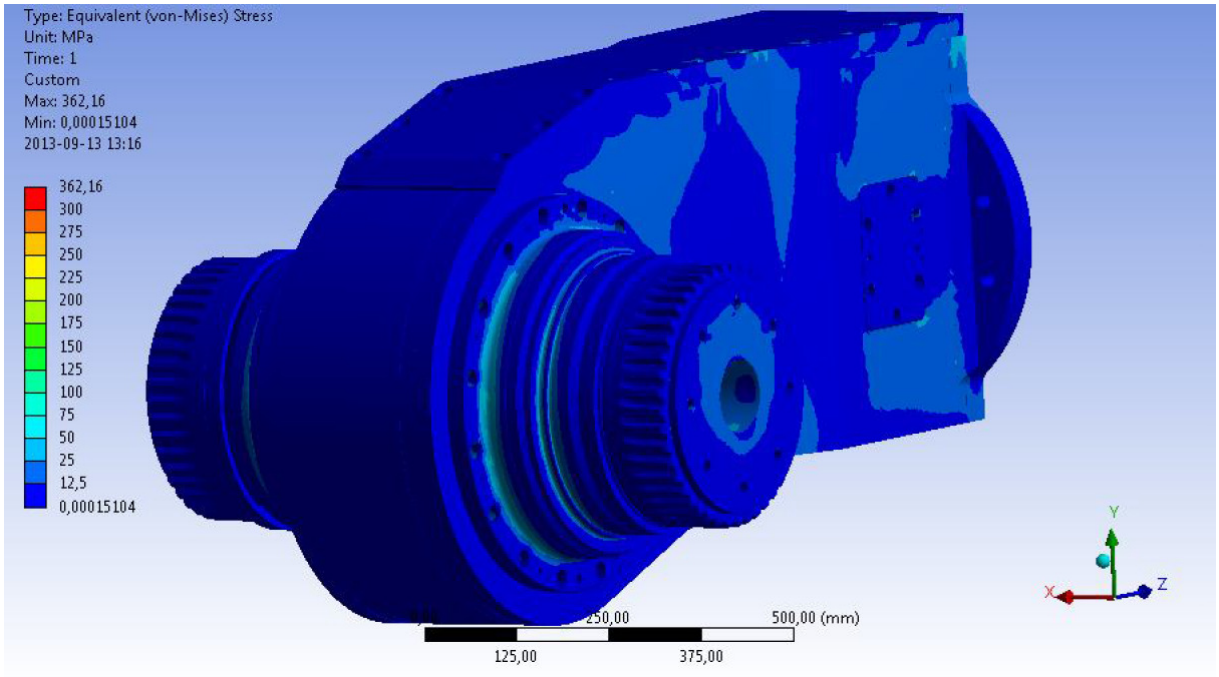
Wyniki przedstawiono w postaci map naprężeń zredukowanych według hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego [3] (rys. nr 6, 7, 8, 9). Dla elementów przeniesienia napędu dodatkowo utworzone zostały rozkłady współczynnika bezpieczeństwa SF (Safety Factor) (rys. nr 10, 11). Zamieszczono również globalne przemieszczenia modelu obliczeniowego przekładni (rys. nr 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17 i 18).



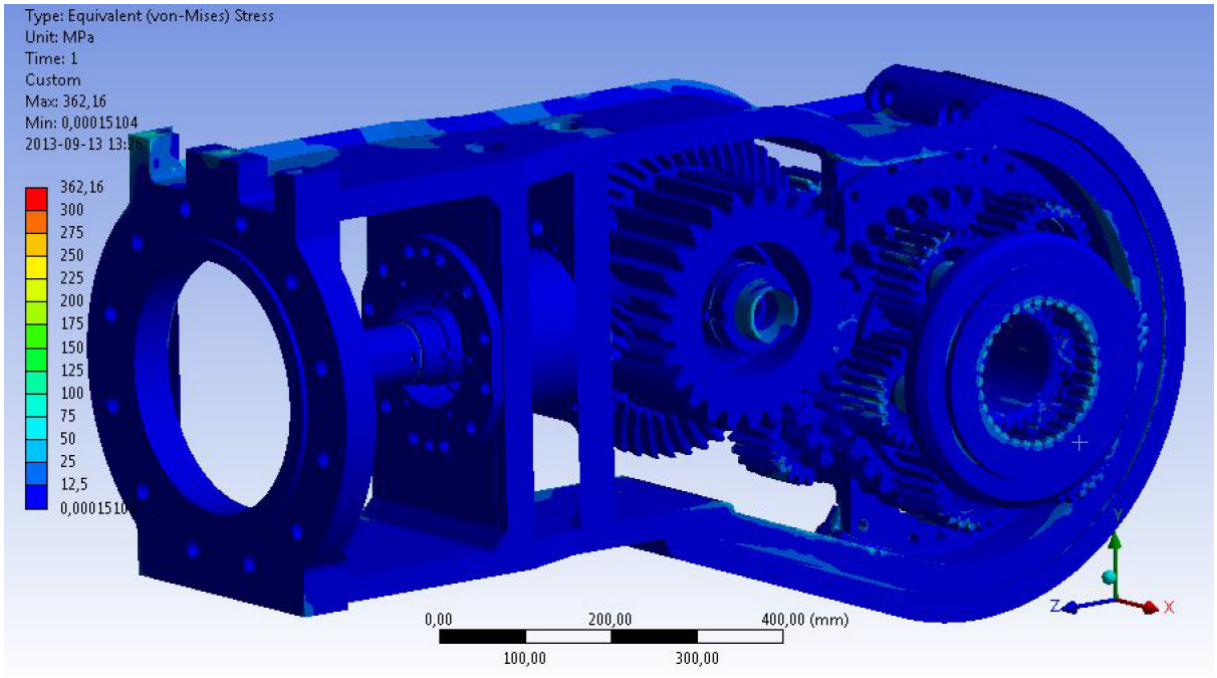
Rys. 5. Maksymalne deformacje kierunkowe dla elementów przekładni planetarnej [mm] [5]



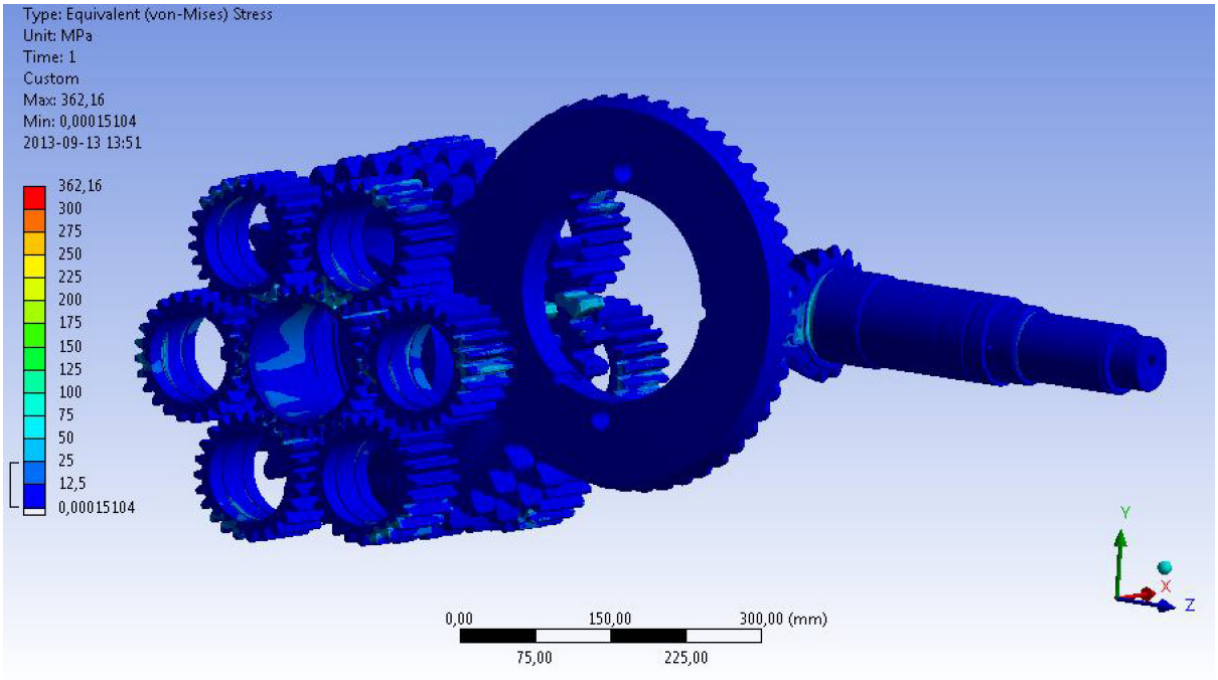
Rys. 6. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]



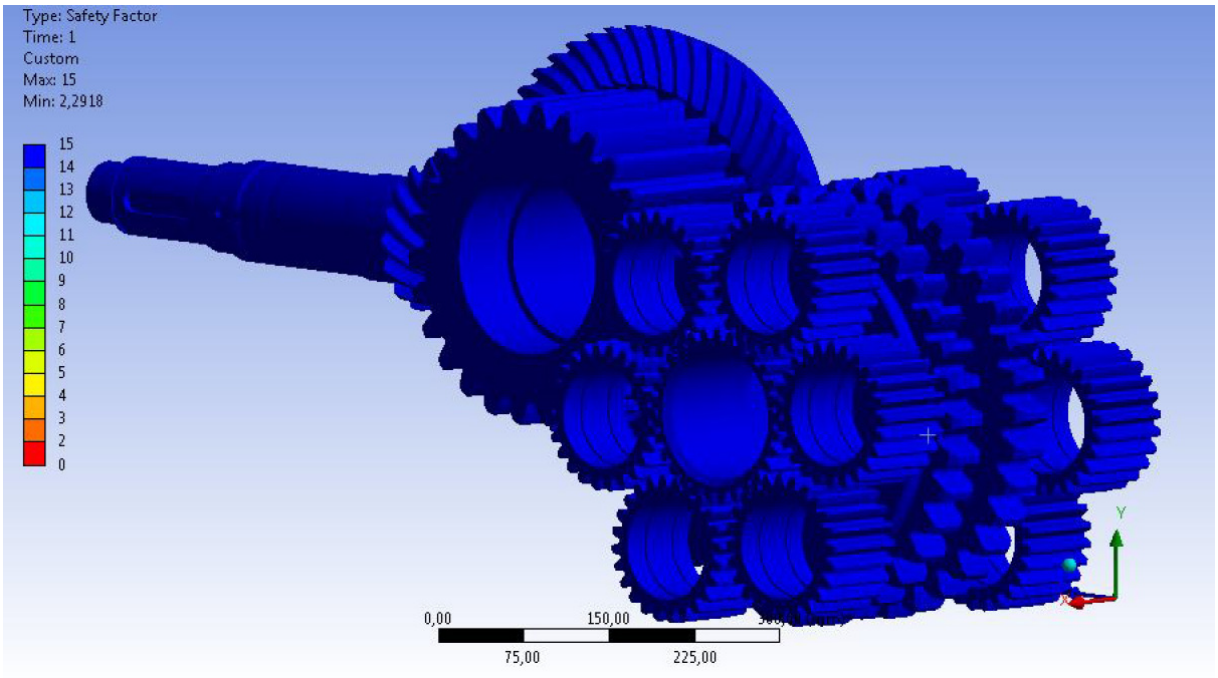
Rys. 7. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]



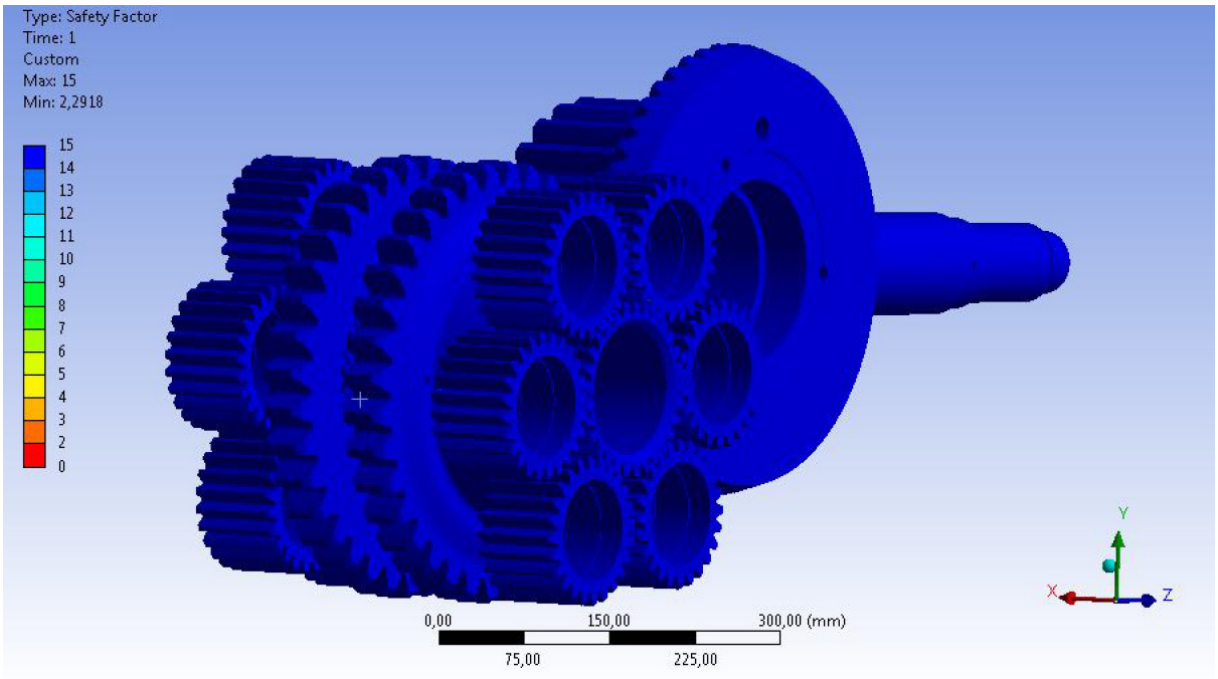
Rys. 8. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]



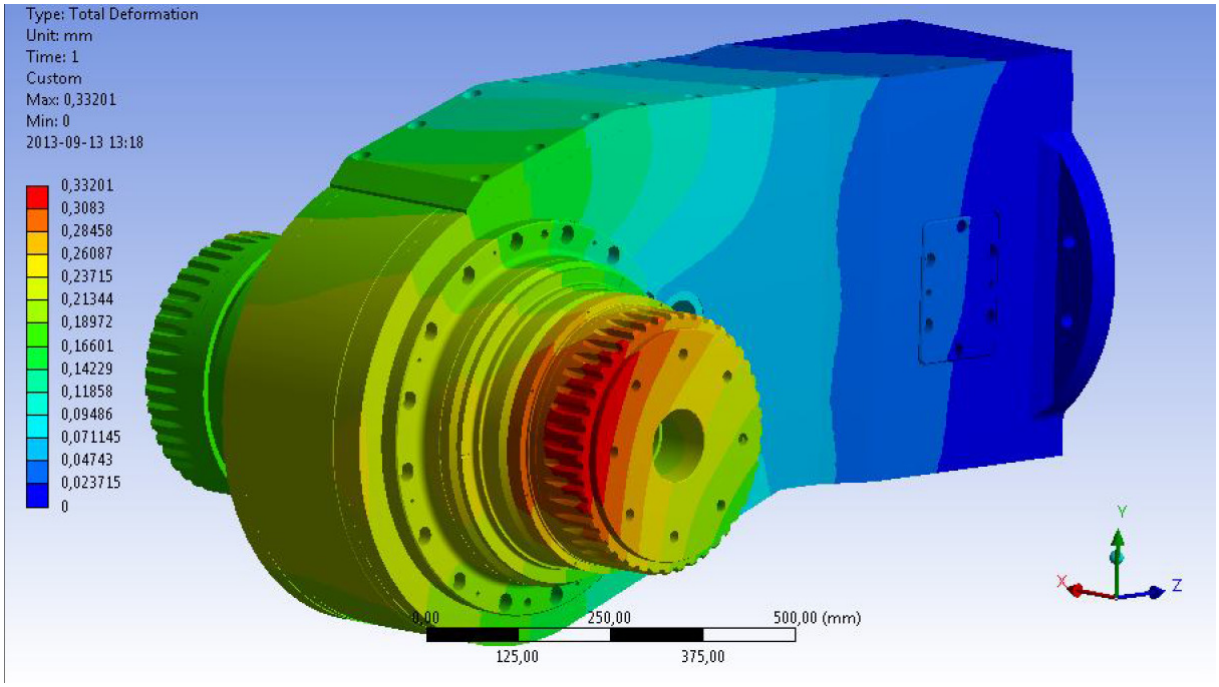
Rys. 9. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]



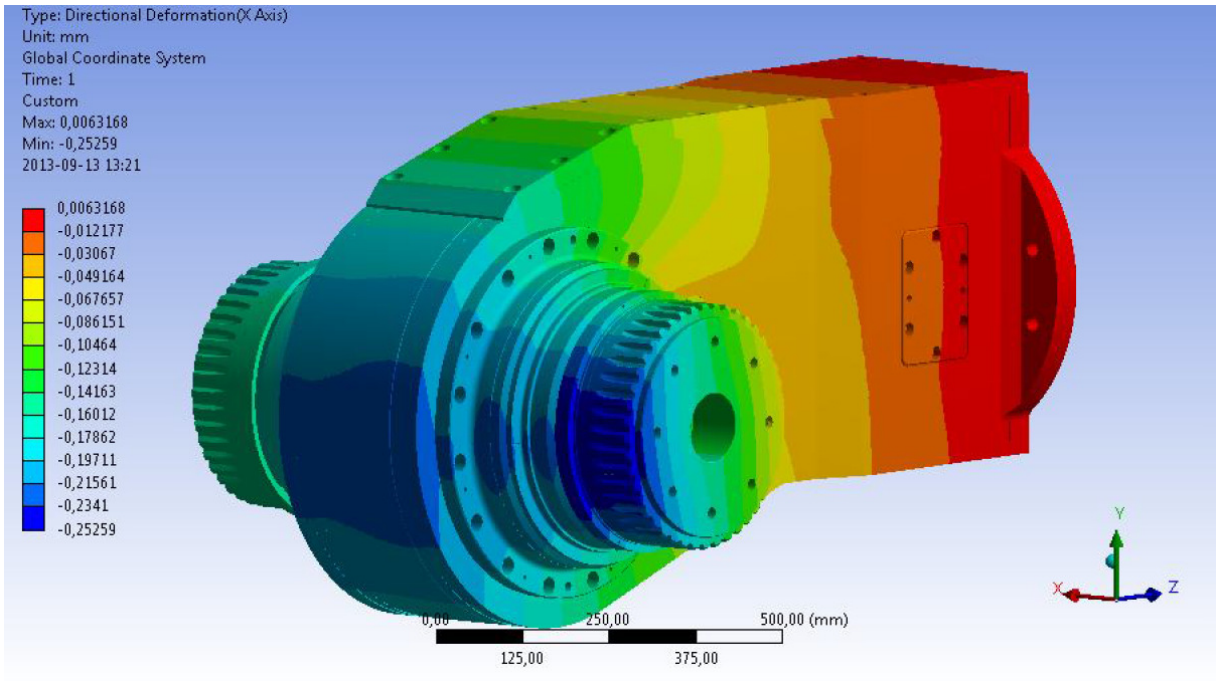
Rys. 10. Współczynnik bezpieczeństwa SF [5]



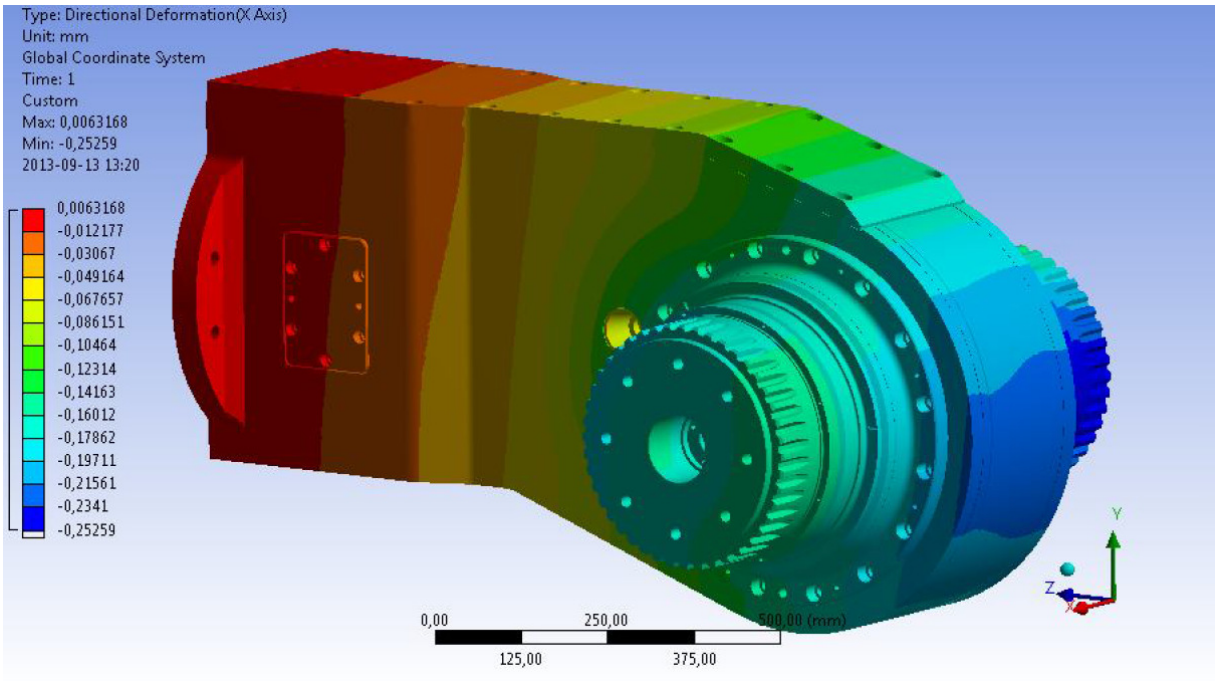
Rys. 11. Współczynnik bezpieczeństwa SF [5]



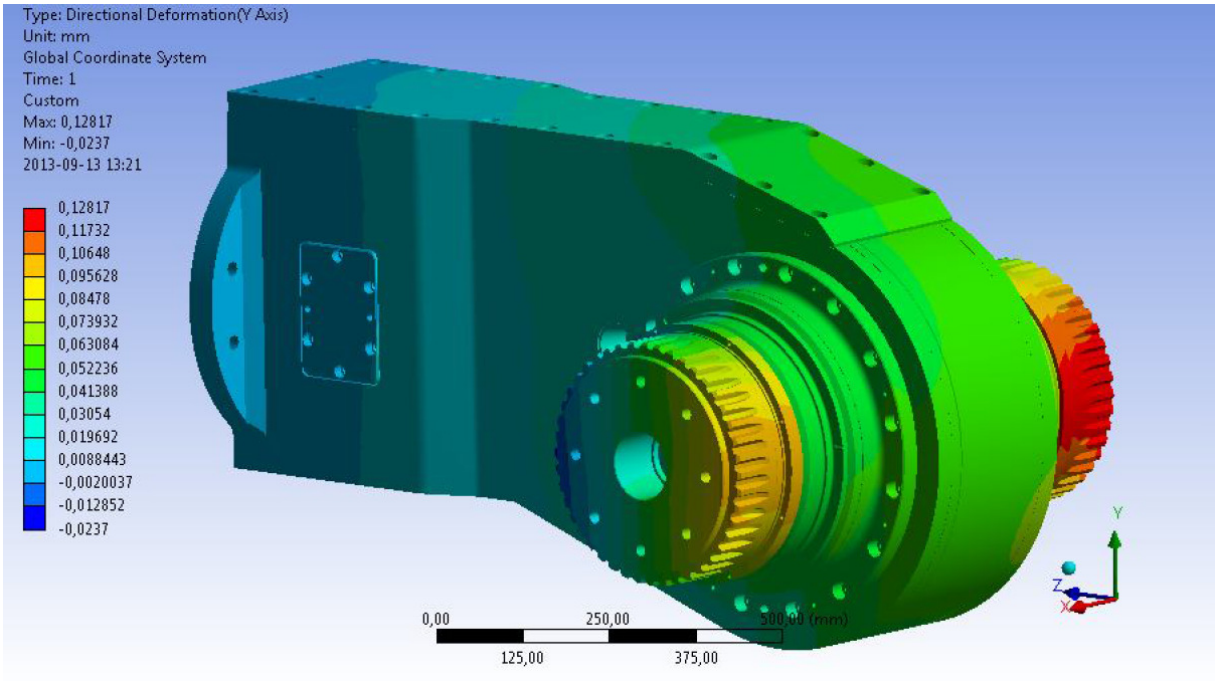
Rys. 12. Przemieszczenie wypadkowe [mm] [5]



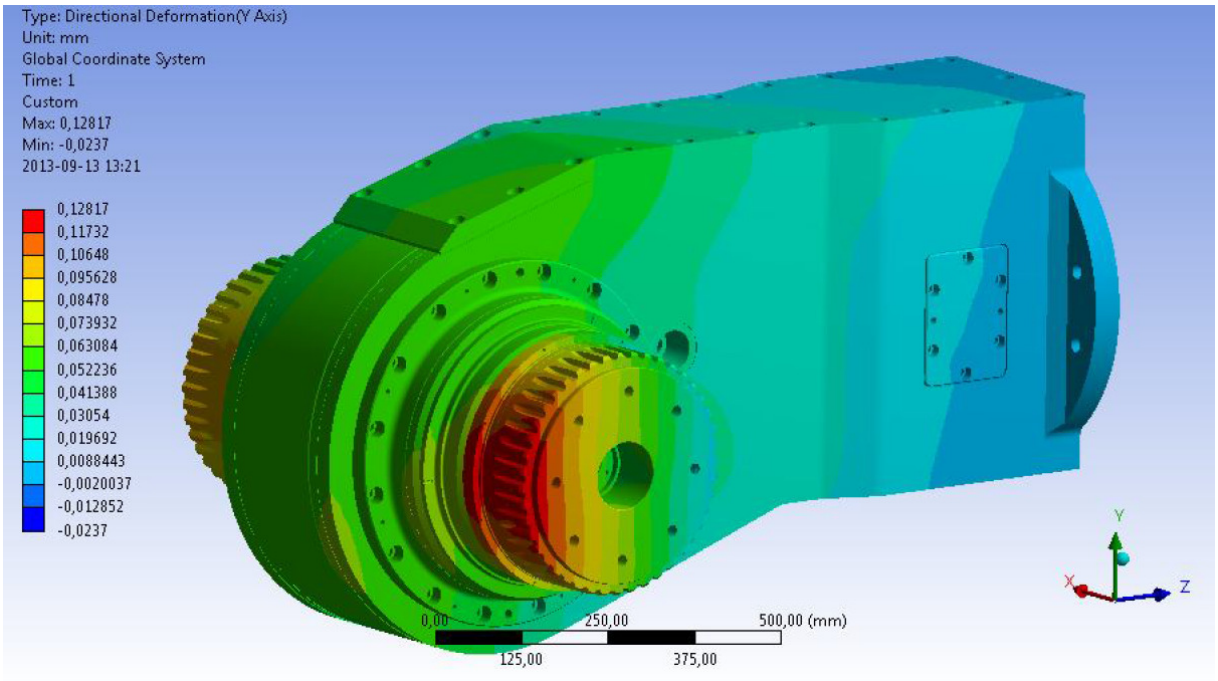
Rys. 13. Przemieszczenie kierunkowe X [mm] [5]



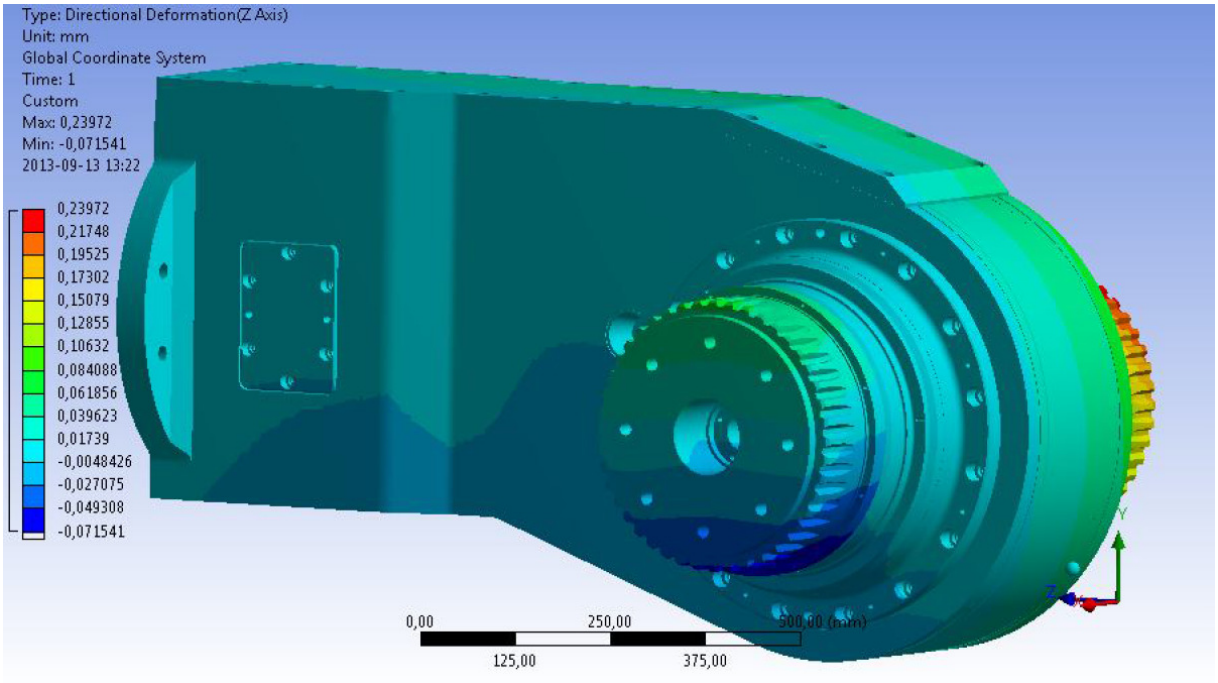
Rys. 14. Przemieszczenie kierunkowe X [mm] [5]



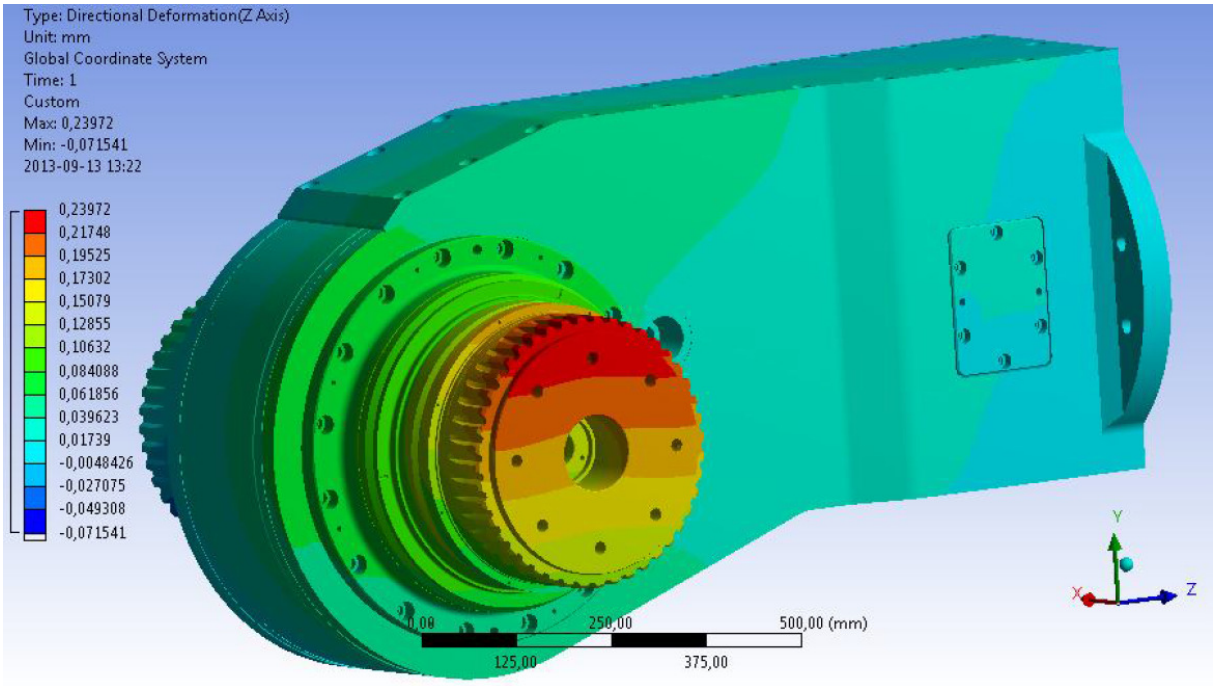
Rys. 15. Przemieszczenie kierunkowe Y [mm] [5]



Rys. 16. Przemieszczenie kierunkowe Y [mm] [5]



Rys. 17. Przemieszczenie kierunkowe Z [mm] [5]



Rys. 18. Przemieszczenie kierunkowe Z [mm] [5]

8. Wnioski

Przeprowadzone obliczenia wytrzymałościowe obejmowały możliwe przypadki obciążenia przekładni. Analizując otrzymane wyniki rozkładu naprężeń (rys nr 6, 7, 8 i 9), współczynnika bezpieczeństwa (rys. nr 10 i 11) dla materiału 18H2N2 oraz przemieszczeń, jednoznacznie stwierdzono, iż granice plastyczności dla obydwu zastosowanych materiałów tj. 18H2N2 i S355, przy zadanym obciążeniu, nie zostały przekroczone, w obrębie całej przekładni. Dla elementów przeniesienia napędu wykonanych ze stali 18H2N2 wyniki współczynnika SF (rys. nr 10 i 11) nie wykazują przekroczenia współczynnika bezpieczeństwa. Stwierdzone liniowe odkształcenia (rys. nr 13, 14, 15, 16, 17 i 18) przekładni pod wpływem obciążenia - wykluczają możliwość zablokowania części planetarnej przekładni podczas pracy, ponieważ w ich obrębie nie zauważono wzrostów przemieszczeń, które mogłyby całkowicie zredukować luzy międzyzębne - elementów uzębionych [4].

9. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych obliczeń oraz innych prac badawczo-rozwojowych stanowiły wytyczne dla konstruktorów do zaimplementowania poszczególnych rozwiązań w prototypie nowoczesnej przekładni. Posłużyły w dalszych etapach realizacji projektu do stworzenia kompletnej dokumentacji technicznej, umożliwiającej wykonanie fizycznego urządzenia w warunkach przemysłowych – prototypu innowacyjnej przekładni.

W dniu 30.06.2015 r. ukończono realizację projektu. Jego efektem było wdrożenie do eksploatacji zupełnie nowych przekładni organu urabiającego dla kombajnów chodnikowych typu AM-50 BUMECH/Z1, stosowanych w procesach drążenia wyrobisk podziemnych.

Na podstawie pierwszych doświadczeń z eksploatacji stwierdzono wzrost użyteczności przekładni poprzez podniesienie wydajności pracy przekładni organu urabiającego

w kombajnie chodnikowym. Ponadto zastosowanie nowej przekładni umożliwiło pracę w warunkach dotychczas niedostępnych (zawartość metanu powyżej 0,5%). Poprawie uległy również warunki pracy – BHP, a także znacznie zredukowano zapotrzebowanie na wodę do zraszania. Obecnie (IV kw. 2016 r.) w eksploatacji znajdują się 3 szt. przekładni w kombajnach AM-50 BUMECH/Z1, realizujących prace drążeniowe m.in. w KWK „Murcki – Staszic", KWK „Pniówek", KWK „Wieczorek".

Literatura

[1] Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego. Monografia. Pod. red. K. Krauze. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o. o. w Lędzinach, Lędziny 2012

[2] Dolipski M., Cheluszka P.: Dynamika układu urabiania kombajnu chodnikowego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2002

[3] Bodnar A.: Wytrzymałość materiałów. Hipotezy wytężeniowe, Politechnika Krakowska 2012

[4] Muller L: Przekładnie Obiegowe. Wydawnictwo PWN, Warszawa 1983

[5] VTI sp. z o. o.: Raport. Wytrzymałościowe obliczenia numeryczne przekładni Bumech i20 (materiały niepublikowane)

INNOWACYJNA GOSPODARKA NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

BUMECH S.A.

UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

Dokumentacja do projektu: **UDA-POIG.01.04.00-24-114/11-00**

Nazwa projektu: **"Opracowanie i wdrożenie innowacyjnej przekładni organu urabiającego do kombajnu chodnikowego"**

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ Z EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO

Mechaniczny i hydrostatyczny układ przeniesienia napędu spalinowych lokomotyw dołowych

dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski
dr inż. Krzysztof Kaczmarczyk
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
mgr inż. Dariusz Kozioł
KWK Ziemowit

Streszczenie:

W kopalniach głębinowych wydobywających surowce mineralne, do transportu materiałów i ludzi stosowane są lokomotywy spalinowe, w których transmisja momentu obrotowego z silnika diesla na koła napędowe odbywa się za pomocą mechanicznego lub hydrostatycznego układu przeniesienia napędu. W artykule omówiono rozwiązania układów napędowych lokomotyw dołowych, zaprojektowanych w ITG KOMAG, w których zastosowano wyżej wymienione układy przeniesienia napędu zwracając uwagę na wady oraz zalety takich rozwiązań.

Abstract:

In underground mines, diesel locomotives are used for transportation of people and materials, transmission of torque from diesel engine to driving wheels is realized through mechanical or hydrostatic drive transmission system. Solutions of the driving systems in underground diesel locomotives, designed in KOMAG, in which the mentioned transmission systems are used, are discussed indicating advantages and disadvantages of such solutions.

Słowa kluczowe: spalinowe lokomotywy dołowe, układ przeniesienia napędu, przekładnia hydrokinetyczna, przekładnia rewersyjna, przekładnia kątowa, układy hydrauliczne lokomotyw

Keywords: underground diesel locomotives, drive transmission system, hydrokinetic gear, reverse gear, bevel gear, hydraulic systems in locomotives

1. Wstęp

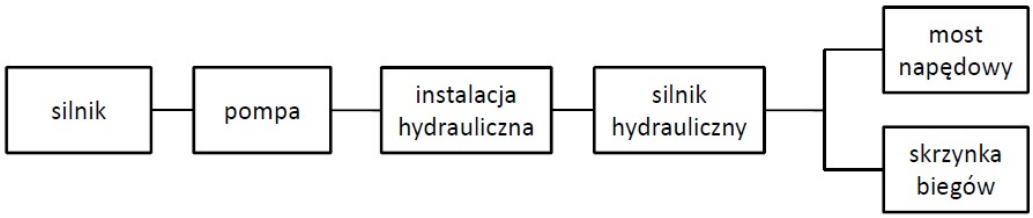
Podstawową funkcją układu napędowego lokomotywy dołowej jest przeniesienie momentu obrotowego generowanego przez silnik spalinowy na koła jezdne, w sposób umożliwiający pokonanie przez maszynę oporów ruchu i wygenerowanie na haku siły pociągowej.

Układy napędowe lokomotyw dołowych można podzielić na cztery podstawowe grupy:

- mechaniczne ze sprzęgłem ciernym,
- mechaniczne z przekładnią hydrokinetyczną,
- hydrostatyczne,
- elektryczne.

W ramach artykułu omówiono budowę oraz funkcje układów napędowych z mechanicznym oraz hydrostatycznym przeniesieniem napędu, zastosowane w lokomotywach dołowych spalinowych typu Lds-100. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono ich schematy blokowe.

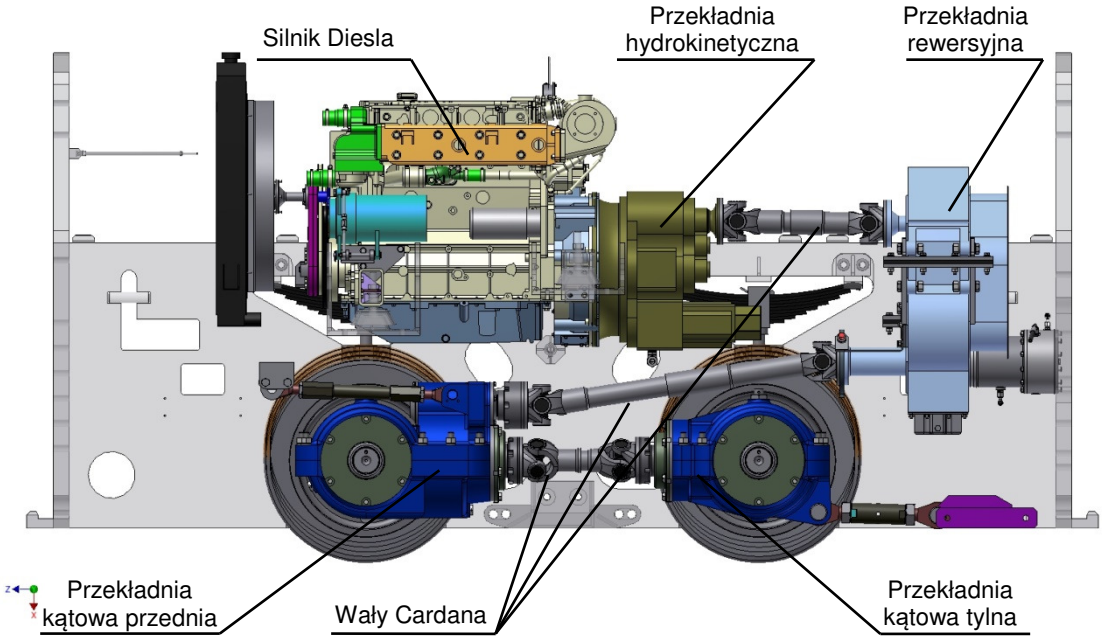
Rys. 1. Schemat blokowy mechanicznego przeniesienia napędu z przekładnią hydrokinetyczną [3]



Rys. 2. Schemat blokowy hydrostatycznego układu przeniesienia napędu [3]

2. Mechaniczny układ przeniesienia napędu z przekładnią hydrokinetyczną

Charakterystyka mechaniczna silnika Diesla nie odpowiada w pełni potrzebom trakcyjnym maszyn transportowych, jakimi są lokomotywy (w zakresie niskich obrotów niski moment obrotowy). W celu jej dopasowania, wymagane jest zabudowanie układu przenoszącego i transformującego moment napędowy z silnika na koła jezdne. W pierwszych rozwiązaniach lokomotyw stosowano wielostopniowe, mechaniczne skrzynie biegów (nawrotne z ciernymi sprzęgłami tarczowymi). Przekładnie te, w zależności od przełożeń, umożliwiały, przy danej mocy, uzyskanie dużej siły pociągowej przy małej prędkości jazdy oraz dużej prędkość przy niewielkiej sile pociągowej. Przekładnie mechaniczne, ze względu na wiele wad, takich jak: zużycie sprzęgła, uszkodzenia skrzyni biegów związane z dużą liczbą włączeń i wyłączeń, wysokie koszy prac serwisowych itp. zostały w latach 50-tych i 60-tych XX wieku zastąpione przekładniami hydrokinetycznymi, nazywanymi również zmiennikami momentu. Przekładnie te pełniły funkcję sprzęgła i pozwalały ograniczyć liczbę biegów. Przykładem maszyny, w której zastosowano takie rozwiązanie, jest lokomotywa dołowa spalinowa Lds-100K-EMA. Elementy jej układu napędowego pokazano na rysunku 3.

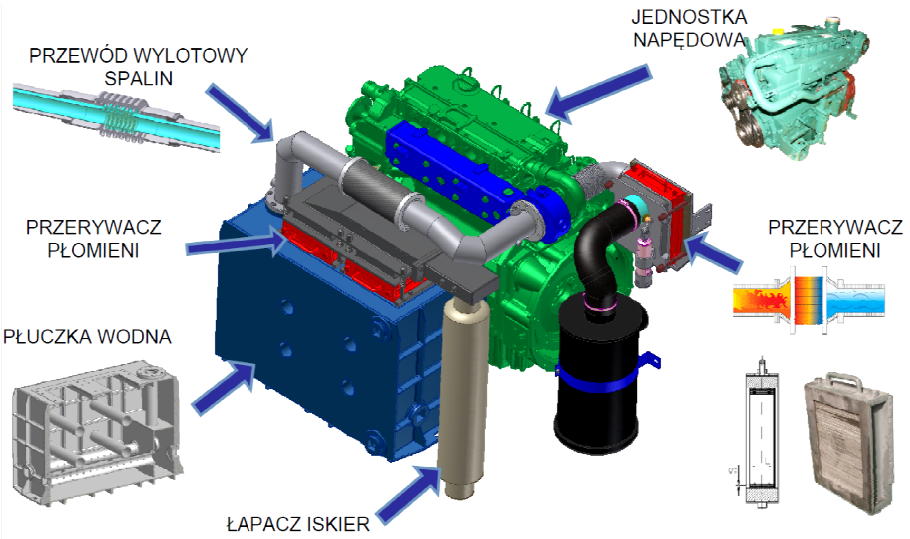


Rys. 3. Zespoły układu napędowego lokomotywy Lds-100K-EMA z mechanicznym przeniesieniem napędu oraz przekładnią hydrokinetyczną [3]

Napęd układu, realizowany jest przez silnik spalinowy, który poprzez przekładnię hydrokinetyczną oraz przekładnię rewersyjną napędza przekładnie, kątowe zabudowane na osiach zestawów kołowych. Moment obrotowy przekładni hydrokinetycznej odpowiada iloczynowi momentu obrotowego silnika oraz przełożenia dynamicznego tej przekładni, zabudowanej bezpośrednio na silniku. Realizację jazdy lokomotywy, do przodu oraz do tyłu, zapewnia przekładnia rewersyjna, która posiada możliwość realizacji dwóch przełożeń. Przekładnia ta kinematycznie osadzona jest pomiędzy przekładnią hydrokinetyczną, a przekładniami zabudowanymi na zestawach kołowych. Przekładnie stanowiące zespoły układu napędowego połączone są wzajemnie wałami Cardana. Obciążenie zewnętrzne układu reprezentowane jest przez siły oporów ruchu, tzn. siłę związaną z momentem tarcia tocznego, siłę samostaczania (nachylenie maksymalne trasy to 4°), siły pochodzące od mas pojazdu i doczepionych wagonów.

2.1. Silnik spalinowy lokomotywy

W dołowych lokomotywach spalinowych za generowanie momentu obrotowego i prędkości obrotowej odpowiedzialny jest silnik Diesla. W przypadku lokomotyw spalinowych dla kopalń węgla, sam silnik jak i jego podzespoły (rys. 4) muszą spełniać szereg szczególnych wymagań związanych z bezpieczeństwem. Najważniejszym z nich jest warunek nieprzekroczenia maksymalnej temperatury powierzchni zewnętrznej (150^{o}C) oraz budowy przeciwwybuchowej.



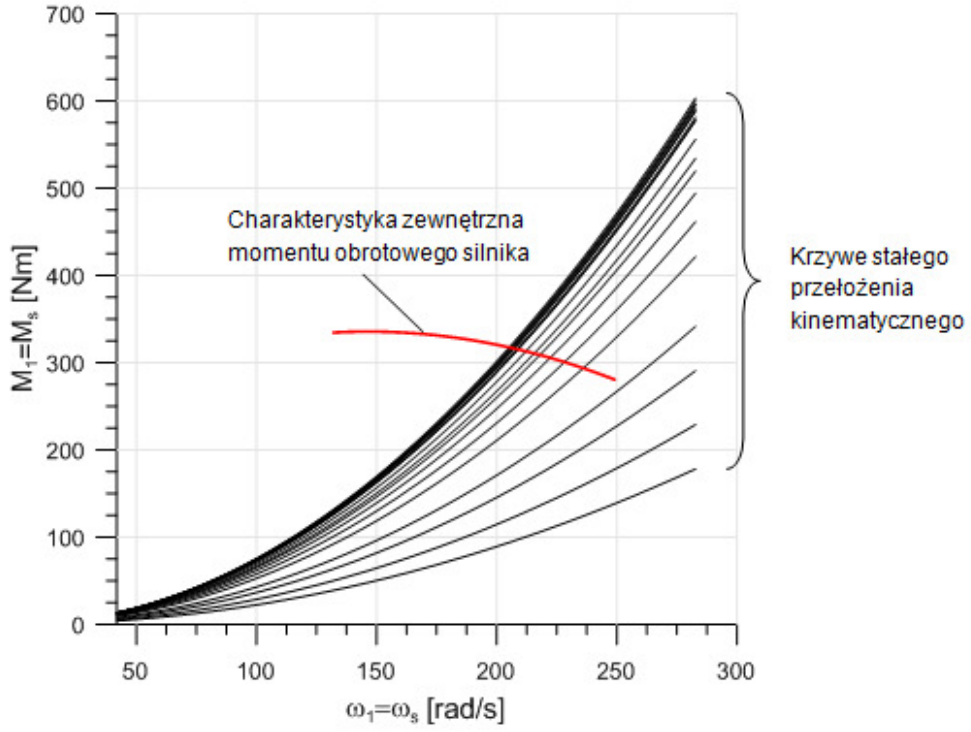
Rys. 4. Elementy składowe silnika spalinowego lokomotywy dla kopalń węgla [4]

Silnik, wraz z układem dolotowym oraz wylotowym, stanowią tzw. dolotowo-wylotowy układ ognioszczelny. Najistotniejszymi elementami tego układu są przerywacze płomienia, zarówno dolotowe, jak i wylotowe. Zadaniem przerywaczy jest zabezpieczenie przed przedostaniem się płomieni z części ognioszczelnej do otaczającej atmosfery. Przerywacz płomienia wykorzystuje gaszące własności szczeliny powietrznej. Ze względu na konieczność utrzymania wartości temperatury spalin opuszczających układ wylotowy poniżej 150^{o}C, wymagane jest odebranie pewnej ilości ciepła spalinom. Dokonuje się tego za pośrednictwem wymiennika ciepła, którym może być płuczka wodna lub „suchy” wymiennik ciepła.

Ostatnimi elementami układu wylotowego, znajdującymi się już poza osłoną ognioszczelną jest łapacz iskier oraz rozrzedzacz spalin.

2.2. Przekładnia hydrokinetyczna

W rozważanym układzie napędowym lokomotywy typu Lds-100K-EMA zastosowano przekładnię hydrokinetyczną typu PH2.340-25 produkcji ZHS Łódź. Przekładnia taka składa się z pompy, turbiny i wirnika kierownicy. Pompa przetwarza energię mechaniczną dostarczaną przez wał korbowy silnika w energię kinetyczną cieczy. Z kolei turbina przetwarza tę energię z powrotem w pracę mechaniczną dalszych członów mechanizmu napędowego [1]. Podstawową zaletą zastosowania takiego rozwiązana jest eliminacja sprzęgła ciernego. Przekładnia taka pozwala na ciągłe i bezstopniowe dostosowanie przełożenia do chwilowego obciążenia. Przykładowy wykres współpracy silnika spalinowego z przekładnią hydrokinetyczną pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Współpraca przekładni hydrokinetycznej z silnikiem spalinowym [2]

2.3. Przekładnia rewersyjna

W opisanym układzie napędowym zastosowano, do zmiany zwrotu prędkości obrotowej, przekładnię rewersyjną SB-102 produkcji Falubaz. Przekładnia posiada dwa biegi:

- I bieg – dla osiągnięcia maksymalnej siły pociągowej, podczas ruszania,
- II bieg – dla osiągnięcia maksymalnej prędkości.

Przełączanie pomiędzy biegami realizowane jest poprzez załączanie poszczególnych sprzęgieł, zabudowanych na wałach przekładni. Pozwala to na zmianę biegów pod obciążeniem, ponieważ koła zębate są w ciągłej współpracy. Zastosowanie tej przekładni w układzie napędowym wynika również z jej cech konstrukcyjnych, tzn. położenia wałów

wejściowych i wyjściowych przekładni. Jej konstrukcja pozwoli między innymi na zabudowę hamulca awaryjno-postojowego na wale układu napędowego. W tabeli 1 przedstawiono parametry techniczne przekładni SB-102.

Parametry techniczne przekładni SB-102 [3]

Tabela 1

Rodzaj	pełnonawrotna pod obciążeniem
Sterowanie	hydrauliczno mechaniczne
Moc przenoszona przy n=2900 min-1	96 kW
Max moment wejściowy	1200 Nm
Przełożenie przód / tył	3,462 / 3,415 (1 bieg) 1,726 / 1,698 (2 bieg)
Ciśnienie oleju zasilania sprzęgieł	1,2÷1,4 MPa
Masa	230 kg

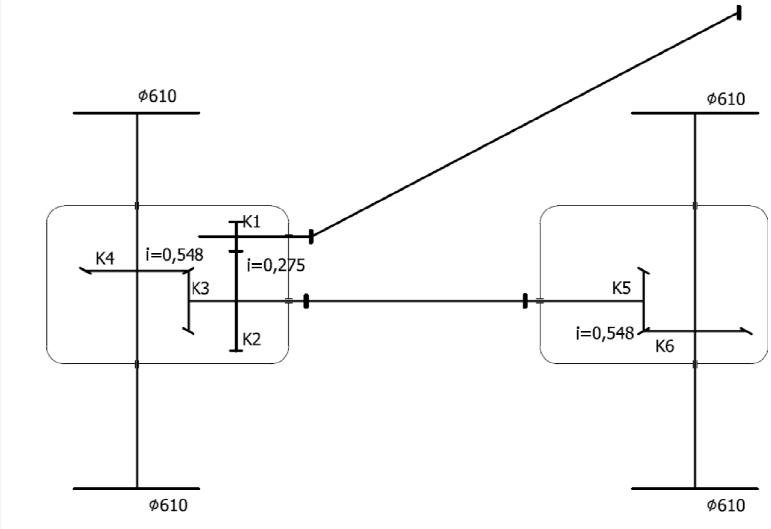
2.4. Przekładnie kątowe

W układzie napędowym lokomotywy zastosowano dwie przekładnie kątowe: przednią i tylną, służące przekazaniu momentu obrotowego z układu napędowego na koła jezdne zestawów kołowych. W przekładni kątowej przedniej zastosowano przełożenie i=19/69, na stopniu walcowym oraz i=17/31, na stopniu kątowym. Przekładnia kątowa tylna ma tylko jedno przełożenie kątowe i=17/31. Na rysunku 6 pokazano układ kinematyczny przekładni kątowych, zabudowanych na osiach zestawów kołowych, natomiast w tabeli 2 dane techniczne przekładni kątowych i kół jezdnych.

Parametry techniczne przekładni kątowych i kół jezdnych [3]

Tabela 2

Przełożenie przekładni kątowej przedniej	i=19/69 • 17/31
Przełożenie przekładni kątowej tylnej	i=17/31
Średnica toczna koła jezdnego	610 mm

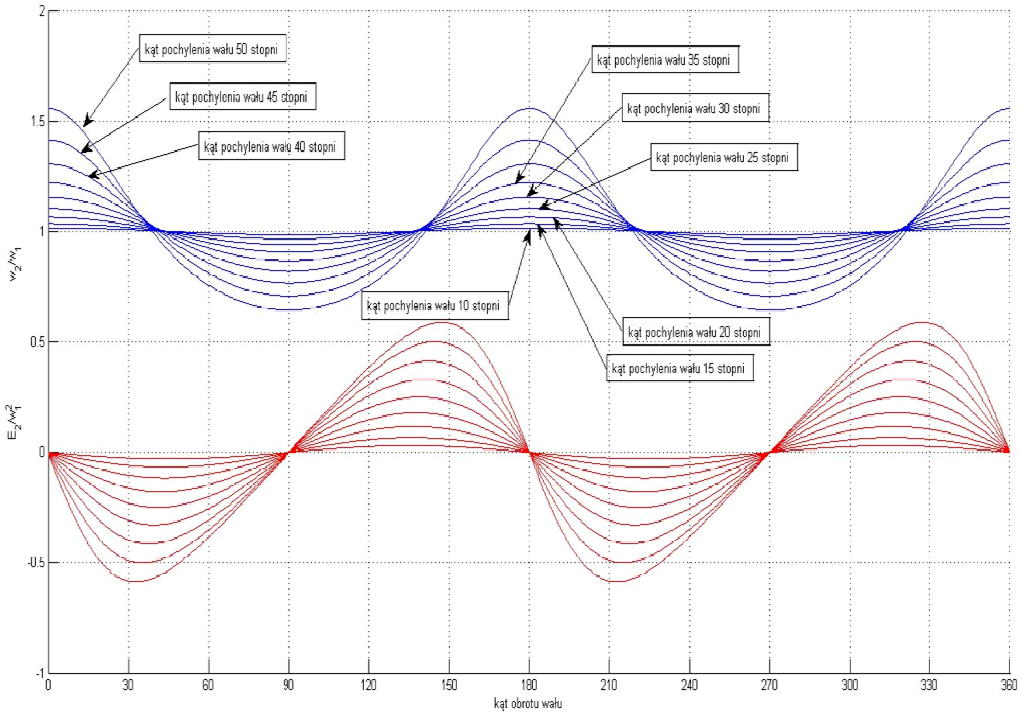


Rys. 6. Przekładnie kątowe zabudowane na osiach zestawów kołowych [2]

2.5. Wały przegubowe Cardana

W budowie maszyn stosowane są powszechnie wały z przegubami krzyżakowymi, zwanymi również przegubami Cardana. Umożliwiają one łączenie elementów układu napędowego w przypadku braku współosiowości pomiędzy wyjściem, a wejściem współpracujących zespołów. Cechą charakterystyczną przegubu krzyżakowego jest nierównomierne przenoszenie ruchu obrotowego, przy kącie załamania wału $\beta \neq 0$.

Na rysunku 7 przedstawiono wpływ kąta załamania (pochylenia) wału na przebieg zmienności przełożenia ω_2/ω_1 oraz przyspieszenia kątowego ε_2/ω_1^2. Przedstawione krzywe sporządzono dla kątów w zakresie 0÷50° (im większy kąt pochylenia wału tym zmienność prędkości oraz przyspieszenia kątowego osiąga większą amplitudę).



Rys. 7. Wpływ kąta załamania wału na przebieg zmienności przełożenia ω_2/ω_1 i przyspieszenia kątowego ε_2/ω_1^2 [2]

3. Układy hydrauliczne lokomotyw

Trudne warunki pracy mobilnych maszyn transportu poziomego, w tym zmienne obciążenia ich układów roboczych i jezdnych oraz coraz większe oczekiwania co do energooszczędności maszyn sprawiają, że poszukiwane są rozwiązania, które charakteryzują się efektywnym przeniesieniem napędu. Mając poniższe na uwadze, lokomotywy wyposażane są często w napędy mechaniczno-hydrauliczne oraz w pełni hydrostatyczne.

3.1. Lokomotywa z napędem mechaniczno-hydraulicznym

W ITG KOMAG opracowano rozwiązania konstrukcyjne napędu mechaniczno-hydraulicznego lokomotyw przystosowanych do pracy w warunkach:

- kopalni rud oraz na powierzchni (spełniające wymagania Dyrektywy Maszynowej),
- kopalni węgla kamiennego (spełniające wymagania Dyrektywy Maszynowej oraz Dyrektywy ATEX) [6, 7].

Dla obu rozwiązań opracowano odrębne układy hydrauliczne. W przypadku lokomotyw pierwszego typu, układ hydrauliczny zapewnia realizację następujących funkcji:

- zasilanie i smarowanie przekładni hydrokinetycznej,
- smarowanie i sterowanie pracą przekładni rewersyjnej,
- sterowanie prędkością jazdy,
- hamowanie manewrowe oraz awaryjno-postojowe,
- uruchamianie piasecznic.

Dla lokomotywy drugiego typu (pracującej w warunkach, w których występuje zagrożenie wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu), w układzie hydraulicznym przewidziano dodatkowo:

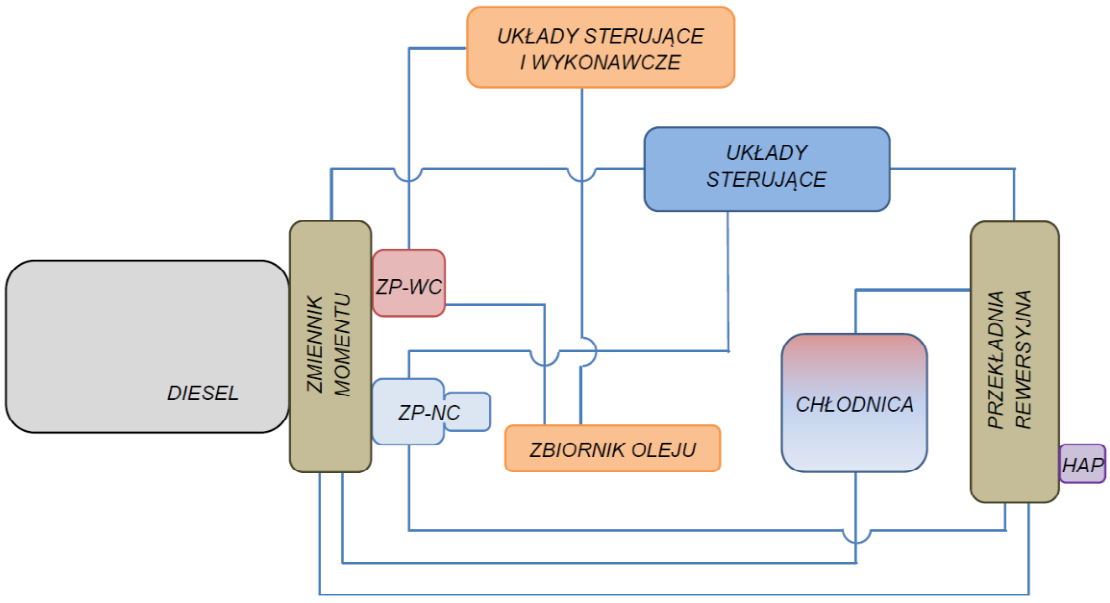
- układ rozruchu silnika spalinowego,
- układ napędu silnika wentylatora chłodnicy oleju.

Układ hydrauliczny lokomotyw (rys. 8) zbudowano w oparciu o:

- zespół pompowy (ZP-NC), złożony z pomp zębatych, z których jedna bezpośrednio współpracuje z przekładnią hydrokinetyczną (zmiennikiem momentu), a druga pracuje w obwodzie niskiego ciśnienia,
- pompę zębatą (PZ-WC), pracującą w obwodzie wysokiego ciśnienia.

Zespół pompowy (ZP-NC) zapewnia zasilanie i smarowanie przekładni hydrokinetycznej, jak również smarowanie i sterowanie pracą przekładni rewersyjnej. Pompa zębata (PZ-WC), pracująca w obwodzie wysokiego ciśnienia, zapewnia sterowanie prędkością jazdy, hamowanie manewrowe „z wyczuciem obciążenia", zwalnianie hamulca postojowego, uruchamianie piasecznic i ładowanie akumulatora hydraulicznego przeznaczonego do awaryjnego hamowania za pomocą hamulców manewrowych. Dla lokomotywy pracującej w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu, w układzie hydraulicznym przewidziano dodatkowo zasilanie silnika wentylatora chłodnicy oleju z obwodu niskiego ciśnienia oraz ładowanie akumulatorów hydraulicznych, odpowiadających za rozruch silnika spalinowego (z obwodu wysokiego ciśnienia).

Na linii tłocznej każdej z pomp przewidziano zabudowę filtra wysokociśnieniowego o wysokiej dokładności filtracji oraz zaplombowanego zaworu zabezpieczającego układ przed nadmiernym wzrostem ciśnienia.



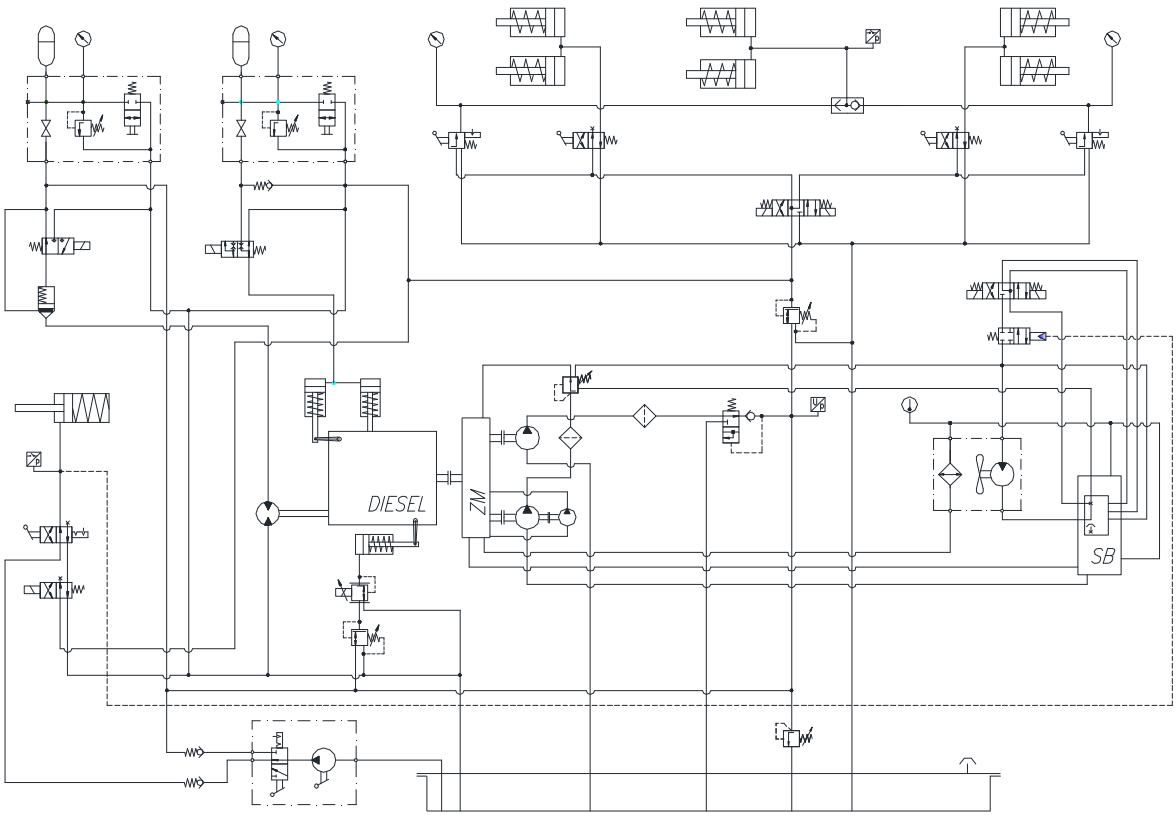
Rys. 8. Hydrauliczny schemat blokowy lokomotywy: PZ-WC – pompa zębata obwodu wysokiego ciśnienia, ZP-NC – zespół pompowy obwodu niskiego ciśnienia, HAP – hamulec awaryjno-postojowy [8]

Przykład rozwiązania konstrukcyjnego lokomotyw przeznaczonych do pracy w warunkach kopalni węgla kamiennego przedstawiono na rysunku 9. W tym przypadku wszystkie elementy elektryczne spełniają wymagania dyrektywy ATEX (rozruch silnika spalinowego realizowany jest na drodze hydraulicznej, łącznie z otwieraniem przysłony umożliwiającej dopływ powietrza do układu dolotowego oraz otwieraniem zaworu udrażniającego przepływ paliwa).

Układ rozruchowy składa się z:

- rozrusznika hydraulicznego,
- akumulatora hydraulicznego (wraz z blokiem zaworowym i układem rozdzielaczy sterujących) zasilającego rozrusznik,
- akumulatora hydraulicznego (wraz z blokiem zaworowym i rozdzielaczem sterującym) zasilającego cylinder przysłony wlotu powietrza oraz cylinder odcięcia paliwa,
- cylindra przysłony,
- cylindra odcięcia paliwa.

Akumulatory hydrauliczne opróżnione w trakcie rozruchu są ładowane podczas normalnej pracy lokomotywy. Zabudowana w układzie pompa ręczna umożliwia napełnienie akumulatorów w przypadku braku wymaganej do rozruchu ilości cieczy roboczej oraz awaryjne odhamowanie maszyny i odholowanie jej do zajezdni w przypadku wystąpienia awarii. Wymagania dotyczące urządzeń pracujących w atmosferze zagrożonej wybuchem spowodowały, że do napędu wentylatora chłodnicy wykorzystano silnik hydrauliczny, zasilany wprost z układu niskiego ciśnienia, obsługującego zmiennik momentu i przekładnię rewersyjną. Za regulację prędkości obrotowej silnika spalinowego odpowiedzialny jest iskrobezpieczny, proporcjonalny zawór redukcyjny, posiadający certyfikat ATEX.



Rys. 9. Schemat hydrauliczny lokomotywy przeznaczonej do pracy w warunkach kopalni węgla [8]

Sterowanie prędkością jazdy lokomotywy sprowadza się do następujących po sobie czynności:

- określenie kierunku jazdy lokomotywy,
- odhamowanie hamulca postojowego,
- regulacja prędkości jazdy,
- sterowanie hamulcem manewrowym,
- w razie konieczności korzystanie z piasecznic.

Wybór kierunku jazdy lokomotywy realizowany jest (na drodze elektrycznej) za pomocą przycisku znajdującego się na pulpicie operatora. Podanie napięcia elektrycznego na odpowiednią cewkę rozdzielacza RKJ (rys. 9), pociąga za sobą jego przesterowanie, umożliwiając przy tym przepływ oleju do układu sterującego kierunkiem obrotów przekładni rewersyjnej. Odhamowanie hamulca postojowego oraz regulacja prędkości jazdy realizowane są (na drodze elektrohydraulicznej) poprzez wychylenie dźwigni zadajnika elektrycznego (joystick), zabudowanego w pobliżu podłokietnika fotela operatora.

W pierwszej fazie wychylania dźwigni zadajnika następuje (na drodze elektrohydraulicznej) odhamowanie hamulca postojowego. W drugiej fazie, na skutek wychylenia dźwigni zadajnika, następuje proporcjonalny wzrost napięcia podawanego na cewkę zaworu sterującego pracą pompy wtryskowej, powodując wzrost prędkości obrotowej wału silnika spalinowego. Skutkiem tego jest ruszenie lokomotywy z miejsca i jej dalsza jazda. Hamowanie poruszającej się lokomotywy następuje poprzez zwolnienie dźwigni zadajnika oraz podanie cieczy roboczej do cylindrów hamulca manewrowego. Hamowanie „z wyczuciem obciążenia" odbywa się (na drodze hydraulicznej) dzięki sterowaniu ręcznym zaworem proporcjonalnym. W przypadku wystąpienia poślizgu kół w czasie ruszania lokomotywy z miejsca lub podczas hamowania, operator powinien używać piasecznic, uruchamianych za pomocą rozdzielaczy suwakowych (RP).

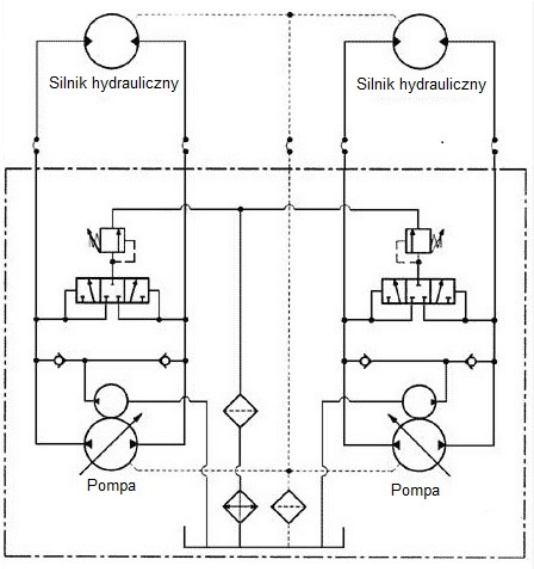
Awaryjne zatrzymanie lokomotywy może mieć miejsce w wyniku zdjęcia napięcia z cewki rozdzielacza umożliwiającego swobodny przepływ oleju do lub z hamulca awaryjno-postojowego.

3.2. Lokomotywa z napędem hydrostatycznym

Postępujący rozwój technologiczny silników i pomp hydraulicznych przeznaczonych do układów zamkniętych, wzrost ich niezawodności, wysoka sprawność, jak również zastosowanie nowoczesnych układów sterowania powodują, że stosowane dotychczas rozwiązania w postaci hydrokinetycznego układu z przekładnią mechaniczną, zastępowane są układem hydrostatycznym. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość realizowania jazdy z bezstopniową zmianą przełożenia przekładni oraz wykorzystywanie dużego zakresu pracy silnika spalinowego. Dodatkowo, zastosowanie hydrostatycznego układu przeniesienia napędu, eliminuje z układu takie elementy jak: sprzęgła i przekładnie hydrokinetyczne, skrzynie biegów i przekładnie mechaniczne, rozdzielcze, sprzęgała rozłączalne, wały Cardana. Wpływa to niewątpliwie na zmniejszenie awaryjności układu przeniesienia napędu [1, 5].

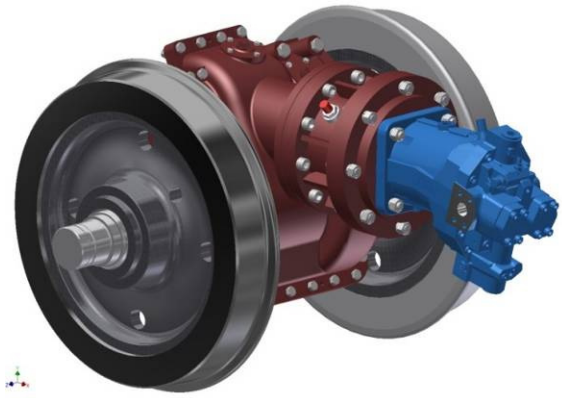
W wyniku prowadzonych prac projektowych, w ITG KOMAG opracowano hydrostatyczny układ napędowy, przystosowany do zastosowania w lokomotywach przeznaczonych do pracy na powierzchni, jak również w podziemiach kopalń.

W układzie napędowym lokomotywy (przystosowanej do pracy na powierzchni, jak również w podziemiach kopalń) zabudowano dwie przekładnie hydrostatyczne (rys. 10), pracujące w dwóch niezależnych układach zamkniętych. Służą one do przeniesienia napędu z silnika spalinowego na zestawy kołowe.



Rys. 10. Schemat ideowy układu przekładni hydrostatycznych [9]

Silnik spalinowy napędza dwie pompy o zmiennej wydajności oraz jedną o stałej wydajności, osadzone na wspólnym wale. Dwie pierwsze pompy zasilają silniki hydrauliczne zabudowane do przekładni kątowych, których wały stanowią osie zestawów kołowych (rys. 11). Silniki zabudowane są w ten sposób, aby do każdego zestawu kołowego przeznaczony był jeden hydrauliczny silnik napędowy. Trzecia pompa pracuje w układzie otwartym i zapewnia obsługę pozostałych układów hydraulicznych maszyny.



Rys. 11. Zestaw kołowy z zabudowanym silnikiem hydraulicznym [9]

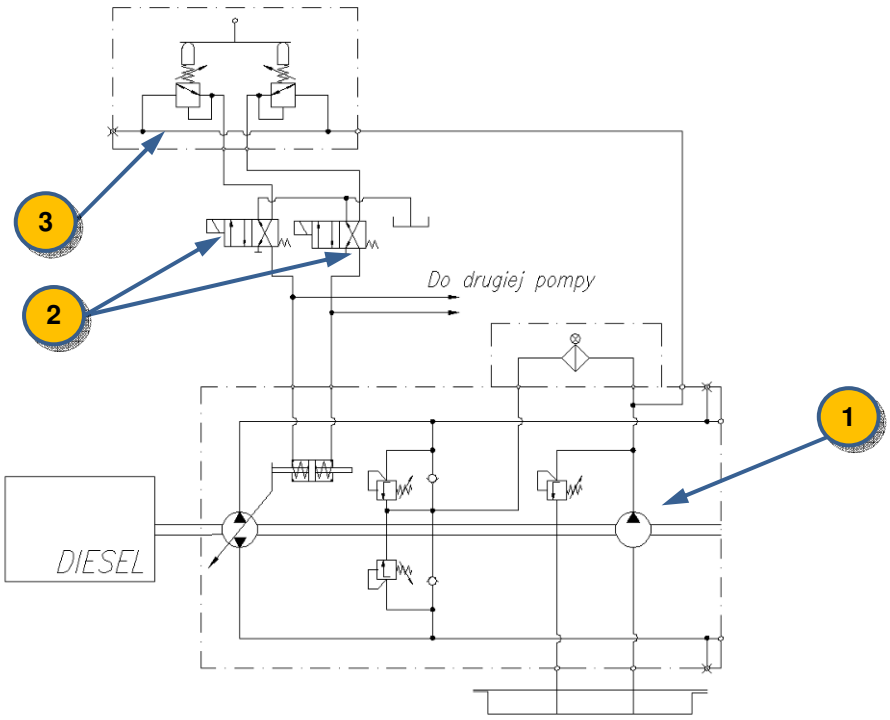
Układ pojedynczej przekładni hydrostatycznej wyposażono w pompę tłoczkową zmiennej wydajności oraz silnik hydrauliczny zmiennej chłonności. Pompa posiada regulator pozwalający na jej sterowanie hydraulicznym sygnałem zewnętrznym. W korpusie pompy zabudowana jest dodatkowo pompa doładowująca, służąca do uzupełniana przecieków cieczy roboczej wewnątrz pompy i silnika oraz wymiany oleju w układzie przekładni hydrostatycznej. Ciśnienie doładowania ustalane jest przez zawór przelewowy, który mieści się na wyjściu pompy doładowującej. Pompę wyposażono w filtr oleju ze wskaźnikiem

zanieczyszczeń. Umiejscowiony jest on pomiędzy pompą doładowującą, a pompą główną. Dodatkowo układ doładowujący wyposażono w układ kontrolno-zabezpieczający składający się z czujników ciśnienia oraz manometrów.

Silnik hydrauliczny wyposażono w regulator, dostosowujący jego chłonność do parametrów obciążenia zewnętrznego. Regulator zmienia chłonność silnika z wartości minimalnej do wartości maksymalnej, gdy ciśnienie robocze wzrośnie powyżej zadanej wartości ciśnienia regulacji. Pozwala to na równomierną pracę silnika podczas zmiany chłonności i umożliwia uzyskanie maksymalnej prędkości. W skrajnych przypadkach umożliwia wysterowanie silnika na chłonność minimalną (gdy wymagany jest niewielki moment napędowy i maksymalna prędkość obrotowa jego wału) oraz wysterowanie silnika na chłonność maksymalną (gdy istnieje zapotrzebowanie na duży moment napędowy).

Sterowanie jazdą lokomotywy odbywa się z kabiny operatora za pomocą manipulatora hydraulicznego oraz przycisków umieszczonych w pulpicie sterowniczym lokomotywy. Polega na określeniu (wyborze) kierunku jazdy lokomotywy i regulacji prędkości jazdy.

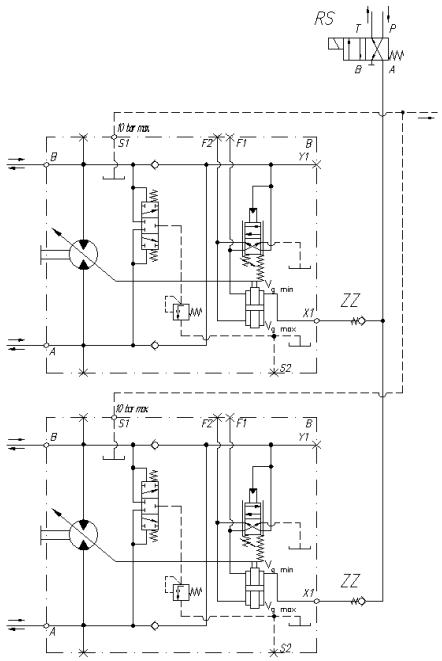
Pierwsza funkcja realizowana jest poprzez wybór przycisku w pulpicie sterującym i wychylenie manipulatora, sterowanego ręcznie, w odpowiednim kierunku. Druga funkcja realizowana jest poprzez zwiększenie wychylenia dźwigni manipulatora, co objawi się wzrostem ciśnienia medium roboczego. Medium to zasila regulatory zabudowane na pompach tłokowych przekładni hydrostatycznych, powodując przesterowanie cylindrów regulacyjnych pomp, a co za tym idzie, zmianę jednostkowej objętości roboczej. To z kolei przekłada się na rozpoczęcie przepływu cieczy w obwodzie zamkniętym pompa-silnik. Zabudowane na silnikach hydraulicznych regulatory o działaniu automatycznym powodują, że prędkość jazdy staje się proporcjonalna do wychylenia manipulatora oraz zależna od zadanego obciążenia [9]. Na rysunku 12 przedstawiono układ sterowania pomp, który zbudowany został z zastosowaniem trzech podstawowych elementów: pompy doładowującej (poz. 1), manipulatora hydraulicznego sterowanego ręcznie (poz. 3) oraz dwóch rozdzielaczy elektrohydraulicznych (poz. 2).



Rys. 12. Uproszczony schemat ideowy układu sterowania pompami głównymi [9]

Lokomotywa wyposażona jest dodatkowo w automatyczny układ umożliwiający jazdę manewrową (rys. 13). Wyzwalany jest on automatycznie, po uruchomieniu maszyny.

Po przekroczeniu prędkości wynoszącej 3 m/s układ wyłącza się, pozwalając lokomotywie osiągnąć maksymalną prędkość jazdy. Układ składa się z rozdzielacza (RS) oraz dwóch zaworów zwrotnych (ZZ), przez które medium hydrauliczne kierowane jest do odpowiednich przyłączy obu silników hydraulicznych. Rozdzielacz zabudowany jest tak, że w stanie beznapięciowym przyłącza regulatorów silników połączone są ze spływem i możliwa jest jazda z prędkością maksymalną, równą 5 m/s. Po podaniu napięcia na cewkę rozdzielacza, przepływająca ciecz pod ciśnieniem pozwala na przesterowanie regulatorów i zmianę chłonności silników hydraulicznych do maksymalnych wartości. W ten sposób zmniejsza się maksymalną prędkość jazdy do wartości wynoszącej 3,2 m/s, umożliwiającej prowadzenie prac manewrowych.



Rys. 13. Schemat hydrauliczny układu umożliwiającego jazdę manewrową

4. Podsumowanie

W konstrukcjach lokomotyw spalinowych opracowanych w ITG KOMAG stosuje się napędy mechaniczny z zmiennikiem momentów oraz napędy hydrostatyczne. Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat można zauważyć, że układy napędowe hydrostatyczne w dużej mierze wyparły układy z mechanicznym przeniesieniem napędu. Jakkolwiek układy mechaniczno-hydrauliczne są tańsze w produkcji, to niewątpliwą zaletą układów hydrostatycznych jest możliwość realizowania jazdy z bezstopniową zmianą przełożenia przekładni oraz wykorzystywanie dużego zakresu pracy silnika spalinowego. Dodatkowo, zastosowanie hydrostatycznego układu przeniesienia napędu, eliminuje z układu takie elementy jak: sprzęgła i przekładnie hydrokinetyczne, skrzynie biegów i przekładnie mechaniczne, sprzęgła rozłączalne, wały Cardana. Wpływa to niewątpliwie na zmniejszenie awaryjności układu przeniesienia napędu. Eliminacja wałów Cardana zwiększyła bezpieczeństwo poprzez eliminacje elementów obrotowych w przedziale silnikowym.

Efektem prac prowadzonych w ITG KOMAG, dotyczących lokomotyw, są ich nowoczesne konstrukcje, wyposażone w liczne rozwiązania poprawiające bezpieczeństwo, wydajność oraz ergonomię użytkowania. Szczególny nacisk położono na bezpieczeństwo pracy oraz zapewnienie konkurencyjnych, w stosunku do podobnych konstrukcji, parametrów użytkowych. Aktywna współpraca z użytkownikami przedstawionych lokomotyw pozwala na ich sukcesywne doskonalenie, w celu jak najlepszego spełnienia oczekiwań kopalń. Opracowanie dwóch rozwiązań konstrukcyjnych lokomotyw dołowych spalinowych typu Lds-100K gwarantuje ich bezpieczne i satysfakcjonujące użytkowanie w kopalniach rud oraz węgla kamiennego.

Literatura

[1] Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wyd. Śląsk, Katowice 1990

[2] Dobrzaniecki P., Mężyk A.: Kształtowanie cech eksploatacyjnych górniczych pojazdów szynowych. ITG KOMAG, Gliwice 2012. ISBN 978-83-60708-70-5

[3] Dokumentacja techniczna Lokomotywa dołowa spalinowa dla kopalń węgla Lds-100K-EMA. ITG KOMAG Gliwice 2011 (materiały niepublikowane)

[4] Kaczmarczyk K., Brzeżański M.: Problemy ekologiczne silników spalinowych eksploatowanych a wyrobiskach węgla kamiennego. ITG KOMAG, Gliwice 2015. ISBN 978-83-60708-87-3

[5] Korecki Z.: Napędy i sterowanie hydrauliczne maszyn górniczych. Wydawnictwo: ŚWT, Katowice 1993

[6] Nieśpiałowski K.: Evolution of Lds locomotive's hydraulic drive. Wiadomości Górnicze 2015 nr 9

[7] Nieśpiałowski K.: Układy hydrauliczne maszyn i urządzeń dla przemysłu górniczego. Maszyny Górnicze 2010 nr 3-4

[8] Nieśpiałowski K., Rojek P., Jasiulek T.: Hydraulic systems of Lds lokomotives designed by KOMAG Centre. Układy hydrauliczne dla lokomotyw Lds zaprojektowanych przez CMG KOMAG. Materiały na konferencję: Riadenie tekutinovych systemov 2008, VIII medzinarodna vedecka a odborna konferencia, Strbske Pleso (Slovakia), 2.4. - 4.4.2008

[9] Rojek P., Nieśpiałowski K.: Hydrostatyczny napęd lokomotywy WLP-50EM/H. Maszyny Górnicze 2015 nr 4

Termowizyjny monitoring instalacji elektrycznych i rurociągowych w podziemiach kopalń

mgr inż. Bartosz Polnik
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

Stosowanie techniki termowizyjnej, dzięki bezinwazyjności pomiarowej, jest coraz częstsze w podziemiach kopalń. Tradycyjne rewizje okresowe nie zawsze dają możliwość wykrycia nawet niewielkich uszkodzeń rurociągów, czy też przegrzewania się złącz przewodów elektrycznych. To, co jest niewidoczne gołym okiem, doskonale widać przy użyciu kamery termowizyjnej. W artykule omówiono badania monitorujące stan techniczny instalacji elektrycznych i rurociągowych z zastosowaniem techniki termowizyjnej przeprowadzone w kopalni. Przedstawiono doświadczenia wynikające z zastosowanej metody. Wskazano na możliwości dalszego rozszerzenia zakresu stosowania techniki termowizyjnej.

Abstract:

Infrared technology due to non-invasive measurements is more frequently used in mine undergrounds. Traditional periodical inspections not always can detect small damages to pipelines or overheating of electric wires . What cannot be seen with a naked eye can be visible with use of infrared camera. Tests of the system for monitoring the technical condition electric installations and pipelines with use infrared technology carried out in mine underground are discussed. Conclusions and results from using this technology are presented. Possibility of extension of scope of using this technology is indicated.

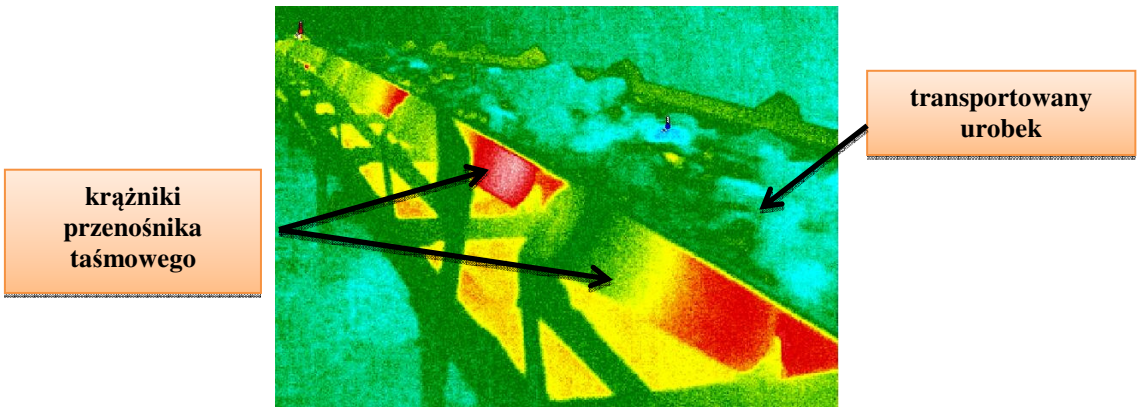
Słowa kluczowe: górnictwo, wyrobiska pionowe i poziome, instalacje elektryczne i rurociągowe, monitoring termowizyjny

Keywords: mining industry, horizontal and vertical workings, electric installations and pipelines, infrared monitoring

1. Wprowadzenie

Instalacje elektryczne prowadzone w wyrobiskach pionowych i poziomych kopalń składają się z długich odcinków, wraz z osprzętem pomocniczym (łączniki, dławnice, rozdzielacze itd.). Uszkodzenie izolacji bądź pogorszenie styku podzespołu łączącego skutkuje jego podwyższoną temperaturą, co świadczy o przeciążeniu, a w ostateczności o zwarciu w instalacji elektrycznej. Wystąpienie zwarć i przeciążeń powoduje uruchomienie zabezpieczeń, a w konsekwencji odłączenie napięcia zasilanych odbiorników. W wyrobiskach pionowych (szyby) prowadzone są rewizje (oględziny) wnętrza szybu. Jednym z elementów wchodzącym w skład rewizji są również oględziny instalacji elektrycznej. Podobna sytuacja dotyczy wyrobisk poziomych (korytarzowych), gdzie z różną częstością dokonuje się ich oględzin. Zastosowanie techniki termowizyjnej do wykrywania źródeł awarii, jest prowadzone także na powierzchni. Z uwagi na atmosferę potencjalnie zagrożoną wybuchem dotychczas nie stosowano powszechnie techniki termowizyjnej w podziemiach kopalń.

W górnictwie polskim, jak i światowym odnotowano zastosowanie techniki termowizyjnej [1]. Metoda techniki termowizji została zastosowana między innymi do badania stanu termicznego krążników przenośnika taśmowego (rys. 1). Należy jednak zaznaczyć, że wszystkie próby z zastosowaniem termowizji w atmosferze wybuchowej prowadzone były na warunkach czasowego dopuszczenia. Wymagało to ciągłego pomiaru stężenia metanu w otoczeniu kamery termowizyjnej.

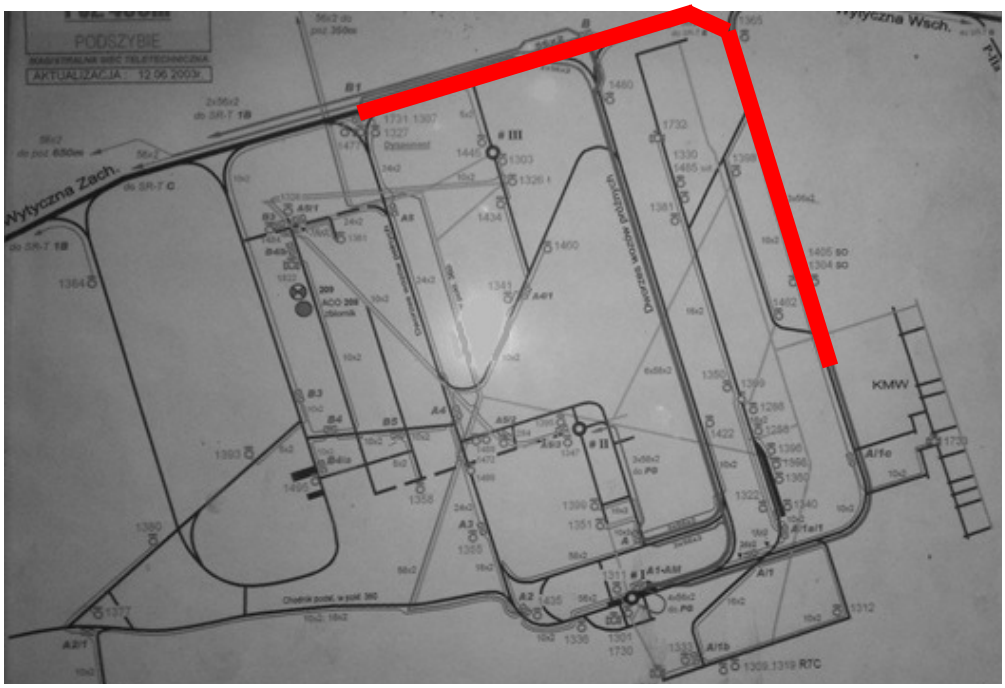


Rys.1. Termogram przenośnika taśmowego [1]

Termowizję stosowano również do wykrywania ognisk samozagrzewania się węgla (pożarów endogenicznych) w caliźnie węglowej i na hałdach kopalnianych [3]. Przeważnie pomiary prowadzono w strefach nie zagrożonych wybuchem metanu lub/i pyłu węglowego.

2. Miejsce i obiekt prób

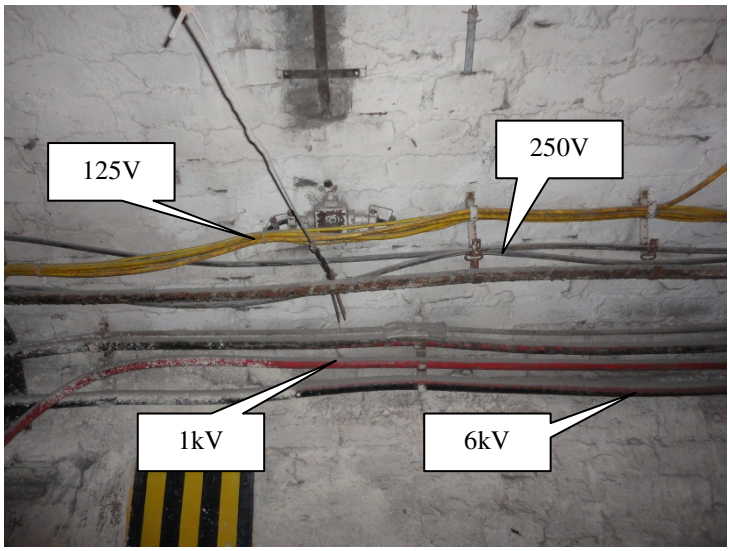
Jako miejsce prowadzenia prób zostały wybrane wyrobiska poziome w jednej z kopalń węgla kamiennego. Monitorowano stan instalacji elektrycznych i rurociągowych. Na rysunku 2 pokazano widok poprowadzonych instalacji elektrycznych i rurociągowych.



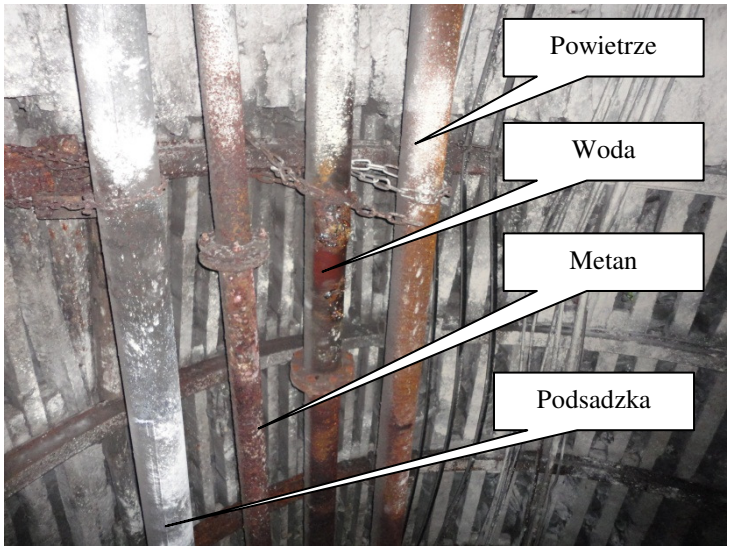
Rys. 2. Widok poprowadzonych instalacji elektrycznych i rurociągowych [7]

Kolorem czerwonym zaznaczono odcinek wyrobiska poziomego, wzdłuż którego prowadzono monitoring instalacji elektrycznej i rurociągowej.

Na rysunku 3 pokazano przykład prowadzenia instalacji elektrycznej, natomiast na rysunku 4 przykład prowadzenia instalacji rurociągowej.



Rys. 3. Instalacja elektryczna prowadzona w wyrobisku korytarzowym [7]



Rys. 4. Instalacja rurociągowa prowadzona w wyrobisku korytarzowym [7]

Instalacje elektryczne prowadzone w podziemiach kopalni, to głównie kable siłowe – zasilające o napięciu znamionowym 6 kV oraz 1 kV. Poza powyższymi prowadzone są również kable sygnalizacyjne o napięciu 125 V oraz przewody do zasilania trakcji elektrycznej o napięciu równym 250 V DC.

Sieć rurociągowa prowadzona w monitorowanym wyrobisku poziomym to:

- instalacja przeciwpożarowa,
- instalacja powietrzna,
- instalacja odmetanowania,
- instalacja wypełnienia podsadzki.

3. Aparatura termowizyjna

Do prowadzenia obserwacji, zastosowano opracowany w ITG KOMAG, system monitoringu termowizyjnego. W jego skład wchodziły:

- kamera termowizyjna w obudowie przeciwwybuchowej,
- komputer w obudowie przeciwwybuchowej,
- instalacja zasilająca.

Kamera termowizyjna (rys. 5) spełnia wymagania bezpieczeństwa zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów, Dziennik Ustaw nr 99 poz. 1003 z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych, i została sklasyfikowana jako urządzenie grupy I kategorii M2 [5].

Rys.5. Kamera termowizyjna w obudowie przeciwwybuchowej [5]

Parametry techniczne kamery termowizyjne przedstawiono w tabeli 1.

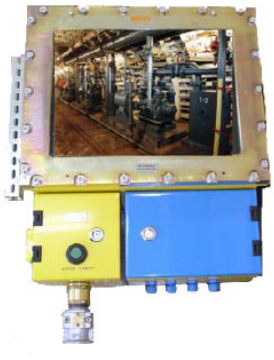
Parametry techniczne kamery termowizyjnej [5]

Tabela 1

Napięcie zasilania	[V]	230 V AC (42 AC)
Częstotliwość napięcia zasilania	[Hz]	50/60 Hz AC
Maksymalny prąd znamionowy	[mA]	250, (50)
Zabezpieczenie zasilania		wkładka topikowa, 250 V 0,063A
Pole widzenia kamery		wg typu obiektywu, 95,6º
Wymiary gabarytowe	[mm]	164x164x440
Temperatura otoczenia		-20ºC÷40ºC
Cecha budowy przeciwwybuchowej		I M2(M1) EEx d [ia] I
Stopień ochrony		IP 65

Kamerę wyposażono w szerokokątny detektor fal podczerwonych, umożliwiający uchwycenie obiektów o dużych wymiarach, z odległości ok. 3 m. We wnętrzu obudowy zainstalowano dodatkowo kamerę wizyjną, która służy do identyfikacji zarejestrowanego termogramu w paśmie widzialnym. Informacja z kamery termowizyjnej przesyłana jest do komputera (rys. 6), który również spełnia wymagania bezpieczeństwa, zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów, Dziennik Ustaw nr 99 poz. 1003 z dnia 30 kwietnia

2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych i została sklasyfikowana jako urządzenie grupy I kategorii M2.



Rys. 6. Komputer w obudowie przeciwwybuchowej [4]

Parametry techniczne komputera zestawiono w tabeli 2.

Parametry techniczne komputera w wykonaniu przeciwwybuchowym [4]

Tabela 2

Napięcie zasilania	[V]	42 V (230 V) AC (-20% ; +10%)
Pobór mocy	[VA]	max 84
Temperatura otoczenia	[˚C]	-20ºC÷40ºC
Stopień ochrony		IP 65
Procesor		Pentium IV
Cecha budowy przeciwwybuchowej		I M2(M1) EEx d [ia/ib] I

4. Przebieg badań

System monitoringu termowizyjnego zainstalowano we wnętrzu wozu do przewozu osób, który ciągnięto lokomotywą akumulatorową wzdłuż monitorowanej trasy instalacji. Z uwagi na zmienną emisyjność termiczną (zdolność do przekazywania temperatury na zewnątrz) monitorowanych obiektów, przyjęto uśrednioną wartość dla rurociągów na poziomie $\varepsilon = 0{,}8$ i dla przewodów elektrycznych $\varepsilon = 0{,}9$. Badania podzielono na dwa etapy:

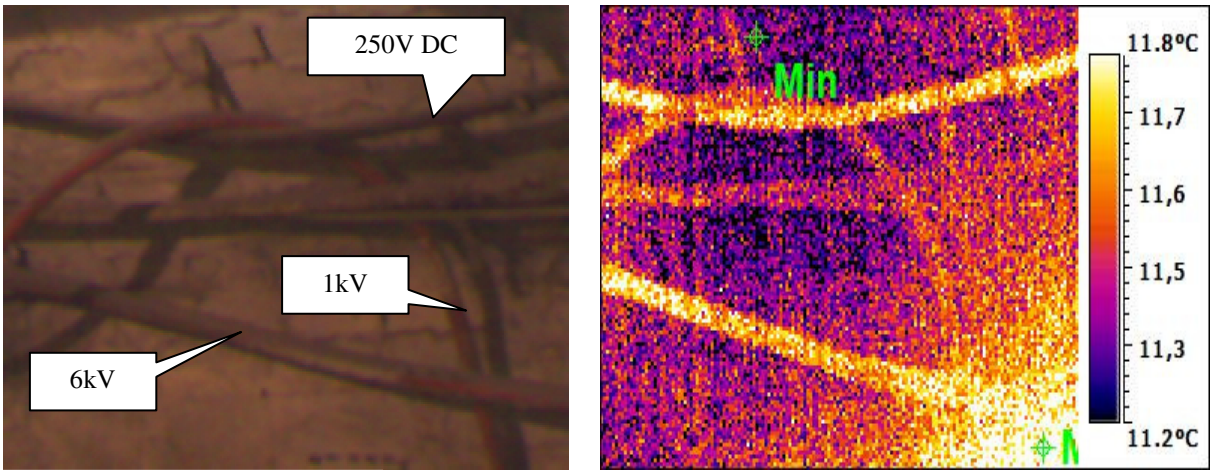
Etap 1:

Lokomotywa przejeżdżała wzdłuż monitorowanej trasy z prędkością 1 m/s. W tym czasie kamera termowizyjna monitorowała sieć instalacji elektrycznej (rejestrowała obraz termowizyjny, który był zapisywany na komputerze). Operator kamery termowizyjnej otrzymywał informacje od operatora komputera, który obserwował badany obiekt na jego ekranie. W ramach etapu 1 przeprowadzono 6 przejazdów wzdłuż monitorowanej instalacji. Po zakończonej rejestracji przeprowadzono analizę zarejestrowanego materiału celem lokalizacji potencjalnych uszkodzeń. Po zlokalizowaniu miejsc mogących świadczyć o nieprawidłowościach, przeprowadzono oględziny wskazanych odcinków instalacji. Wyniki oględzin opisano i udokumentowano w postaci zdjęć wizyjnych i termowizyjnych.

Etap 2:

W etapie II, proces monitorowania był identyczny jak w etapie 1, z tym, że monitorowano instalacje rurociągowe. Po zakończonej rejestracji przeprowadzono analizę zarejestrowanego materiału celem lokalizacji potencjalnych uszkodzeń. Po zlokalizowaniu miejsc mogących świadczyć o nieprawidłowościach, przeprowadzono oględziny wskazanych odcinków instalacji. Wyniki oględzin opisano i udokumentowano w postaci zdjęć wizyjnych i termowizyjnych.

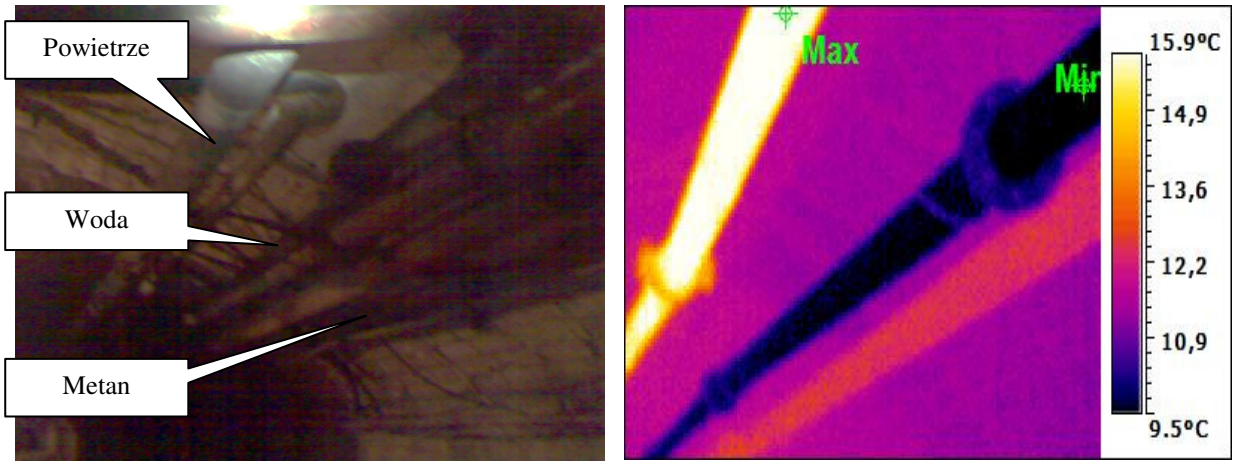
Pierwszą analizę zarejestrowanego materiału dokonywano on-line, w trakcie prowadzonego monitoringu. W przypadku zaobserwowania na ekranie komputera znacznego wzrostu temperatury, następowało zatrzymanie lokomotywy i oględziny wskazanego miejsca. Z uwagi na dynamicznie zmieniający się obraz, konieczne było jednak przeprowadzenie jego analizy w trybie off-line, po zakończonej próbie. Przejrzano wówczas zarejestrowany film termowizyjny po klatkowo. W ten sposób wykrywano nieprawidłowości, które umknęły przy analizie on-line. Przykładowo na rysunku 7 pokazano widok fragmentu monitorowanej instalacji sieci elektrycznej wraz z jej termogramem.



Rys. 7. Zdjęcie wizyjne fragmentu monitorowanej instalacji wraz z jej termogramem [6]

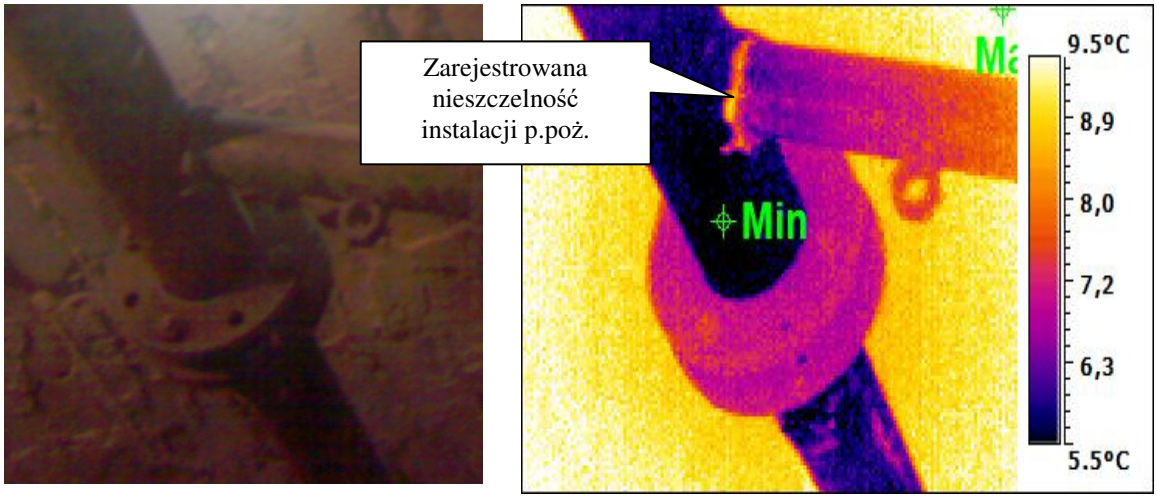
Widać, że różnica temperatury pomiędzy poszczególnymi przewodami elektroenergetycznymi wynosiła ok 0,2°C. Na tej podstawie można było stwierdzić, że uchwycone przewody elektroenergetyczne, o zróżnicowanym napięciu, miały sprawną izolację.

Podobnie, jak to miało miejsce podczas badań w etapie 1, również w etapie 2 prowadzono analizę rejestrowanego materiału zarówno on-line, jak i off-line instalacji rurociągowych, które cechowały się znacznie większymi różnicami temperatur. Zdjęcie fragmentu poprawnie zmontowanej i prawidłowo eksploatowanej instalacji rurociągowej, wraz z jej termogramem, pokazano na rysunku 8.



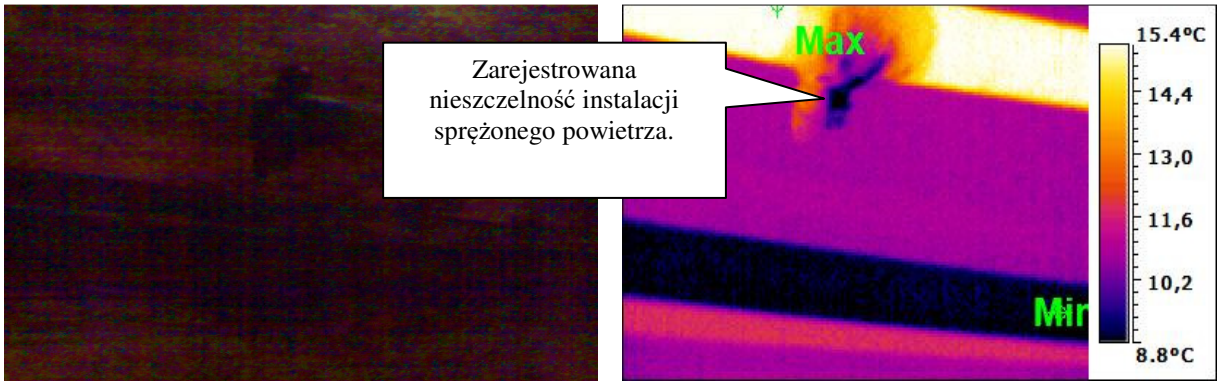
Rys. 8. Zdjęcie wizyjne wraz z termogramem fragmentu monitorowanej instalacji rurociągowej [6]

Widoczne są zdjęcia trzech użytkowanych rurociągów, stosowanych do przesyłu poszczególnych mediów: powietrza, wody oraz metanu. Rurociąg, w którym transportowano materiał na potrzeby instalacji podsadzkowej w podczerwieni był słabo widoczny z uwagi na brak czynnika w jego wnętrzu (nie eksploatowano ściany metodą podsadzkową). Na podstawie zarejestrowanego termogramu można było stwierdzić, w którym z rurociągów przepływało medium. Najwyższą emisyjnością cieplną, spośród zarejestrowanych, cechował się rurociąg służący do doprowadzenia sprężonego powietrza, natomiast najniższą, rurociąg stosowany w instalacji przeciwpożarowej. Średnią wartością temperaturową, w odniesieniu do w/w. rurociągów, cechował się rurociąg będący częścią instalacji odmetanowania kopalni. Analiza on-line obrazu zarejestrowanego termogramu nie wykazała nieprawidłowości. W wyniku przeprowadzonej analizy off-line z zarejestrowanego materiału termowizyjnego, wskazano fragmenty instalacji rurociągowej sprężonego powietrza oraz przeciwpożarowej, w których wykryto jednak nieszczelności. Wykryte nieprawidłowości w monitorowanej instalacji rurociągowej, zostały potwierdzone w wyniku przeprowadzonych oględzin jej poszczególnych fragmentów. Na rysunku 9 pokazano zdjęcie wizyjne, wraz z termogramem, wykrytego przy pomocy zastosowanego systemu termowizyjnego fragmentu nieszczelności instalacji rurociągowej przeciwpożarowej.



Rys. 9. Zdjęcie wizyjne wraz z termogramem zarejestrowanej nieszczelności fragmentu instalacji rurociągowej przeciwpożarowej [6]

Najwięcej nieszczelności monitorowanej instalacji rurociągowej zidentyfikowano w rurociągach doprowadzających sprężone powietrze. Na rysunku 10 pokazano zarejestrowaną nieszczelność na połączeniu dwóch rurociągów ze sprężonym powietrzem.



Rys. 10. Zdjęcie wizyjne wraz z termogramem fragmentu monitorowanej instalacji rurociągowej ze sprężonym powietrzem [6]

5. Podsumowanie

Przeprowadzony monitoring instalacji elektrycznych oraz rurociągowych w podziemiach jednej z kopalń węgla kamiennego z zastosowaniem opracowanej w ITG KOMAG przeciwwybuchowej instalacji monitoringu termowizyjnego wykazał:

- 8 punktów nieszczelności instalacji rurociągowej powietrznej,
- 3 punkty nieszczelności instalacji rurociągowej p.poż – wodnej,
- 1 nieprawidłowość połączenia przewodu elektroenergetycznego o napięciu 6 kV.

Większość z wykrytych nieszczelności nie byłaby możliwa do zlokalizowania metodą tradycyjnych oględzin.

Przeprowadzony monitoring instalacji górniczych z zastosowaniem systemu termowizyjnego dał zadowalające wyniki. Celem poprawy jakości (czytelności) zarejestrowanego obrazu należałoby zwrócić uwagę na dokładną stabilizację układu kamery termowizyjnej, zwłaszcza w przypadku dynamicznie zmieniającego się obrazu (np. przy przemieszczaniu się instalacji termowizyjnej względem obiektu badanego z prędkością przekraczającą 2 m/s). W przypadku prowadzenia monitoringu przy wyższej prędkości, istotnym jest, aby kamera termowizyjna nie pracowała w trybie automatycznej ostrości obrazu termograficznego, gdyż powoduje to utratę ostrości, a w rezultacie zafałszowanie zarejestrowanego termogramu.

Kolejnym aspektem jaki należałoby uwzględnić, to emisyjność monitorowanych obiektów. Większość rurociągów pokrywa rdza, która wpływa na obniżenie emisyjności badanego obiektu do wartości ok. 0,8 (stal stosowana w nowych rurociągach cechuje się emisyjnością ok. 0,96). Podobna sytuacja dotyczy instalacji elektrycznych. Przewody elektroenergetyczne w osłonie gumowej cechują się emisyjnością o wartości ok. 0,95, natomiast mufy przewodowe, które z reguły pokrywane są porcelaną szkliwioną i mają współczynnik emisyjności o wartości poniżej 0,85 [2].

Należy również stwierdzić, że zastosowanie kamery termowizyjnej w osłonie ognioszczelnej, wraz z dedykowanym komputerem, również w osłonie ognioszczelnej, w sposób znaczący ogranicza mobilność instalacji termowizyjnej. Rozwiązanie to najlepiej sprawdza się w miejscach stacjonarnego pomiaru obiektów. W przypadku prowadzenia monitoringu rozległych fragmentów instalacji kopalnianych, lepszym rozwiązaniem byłaby mobilna (ręczna) kamera termowizyjna zintegrowana z wyświetlaczem.

Literatura

[1] Polnik B.: Zastosowanie termografii do diagnozowania maszyn górniczych. Pomiary Automatyka Kontrola, 2011 nr 10, s.1264-1266

[2] Więcek B., De Mey Gilbert: Termowizja w podczerwieni podstawy i zastosowania. Warszawa. Wydawnictwo Pomiary Automatyka Kontrola 2011, ISBN 978-83-926319-7-2

[3] Matuszewski K.: Możliwości zastosowania kamer termowizyjnych w kopalniach węgla kamiennego. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, 2005 nr 6, s.15-21

[4] www.bartec.pl (10. 2016 r.)

[5] Sprawozdanie z prac zrealizowanych w ramach projektu INERG „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju", realizowanego w ramach przedsięwzięcia IniTech. ITG KOMAG lata 2010-2014

[6] Polnik B., Deja P., Gołąbek L., Budzyński Z.: Pomiary wstępne instalacji elektrycznej i rurociągowej prowadzonych w wyrobiskach pionowych i poziomy. ITG KOMAG Gliwice 2016 (materiały niepublikowane)

Czy wiesz, że ....

… uderzenia przesypywanego urobku w punktach załadowczych są częstą przyczyną istotnych strat spowodowanych zużyciem w systemach przenośników stosowanych w podziemnych kopalniach węgla, kamieniołomach i kopalniach żwiru. Opracowane przez Flexco specjalne koryta zapobiegają zużyciu poprzez spowolnienie spadającego urobku na przenośnik. Użytkownicy mogą je łatwo modyfikować i dopasować, dzięki możliwości regulacji kątów koryt. Urządzenia te są wykonane ze standardowych komponentów, co sprawia, że są zarówno skuteczne, jak i niedrogie. Listwy udarowe wykonane z twardego polietylenu o ultra-wysokim ciężarze cząsteczkowym (PE-UHMW) absorbują siłę uderzenia spadającego urobku, a zewnętrzny pas ochronny, również wykonany z PE-UHMW, uszczelnia strefy ładowania. Koryta udarowe EZIB nadają się do lekkich i średnich obciążeń udarowych oraz do pracy z prędkościami taśm do 5 m/s przy temperaturach otoczenia od -40°C do +82°C. Koryta dostępne są w długościach od 600 do 1200 mm.

AT Mineral Processing 2016 nr 11 s.17

Koncepcja algorytmu sterowania wydajnością przenośnika ścianowego

mgr inż. Kamil Szewerda
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
prof. dr hab. inż. Jerzy Świder
dr inż. Krzysztof Herbuś
Politechnika Śląska

Streszczenie

Wprowadzanie w nowoczesnych przenośnikach ścianowych możliwości zasilania silników napędowych za pomocą przemienników częstotliwości umożliwia sterowanie ich prędkością. Jednym z podstawowych problemów sterowania prędkością ruch łańcucha w przenośniku ścianowym jest jej dostosowanie do zakładanej wydajności kombajnu ścianowego. Zbyt niska prędkość przenośnika może być powodem jego zasypania i, w przypadku niewystarczającej mocy, utknięcia (problemu z rozruchem). Z kolei zbyt wysoka prędkość może powodować straty mocy i niewykorzystanie jego potencjalnej wydajności (jest to jednak mniej niebezpieczne). W polskich kopalniach, w większości przypadków, po rozruchu, przenośniki ścianowe pracują z nominalną (maksymalną) prędkością (wydajnością). Nowoczesne przenośniki są wyposażone coraz częściej w przemienniki częstotliwości, za pomocą których zasilane są ich silniki napędowe. Pozwala to na zmianę prędkości obrotowej tych silników. W artykule przedstawiono koncepcję algorytmu sterowania prędkością (wydajnością) ścianowego przenośnika zgrzebłowego, umożliwiającego dostosowanie jego wydajności do bieżącego obciążenia przenośnika.

Abstract:

Implementation of the method for supplying the AFC's driving motors with use of frequency transducers enables controlling their speed. One of the major problems in their speed control is adjustment of speed to the required longwall shearer's output. Too low speed of the conveyor can be a reason of its filling in with run-of-mine and in the case of not enough power that conveyor can stop with a problem of restarting. On the other hand too high speed can cause power loses what is however less dangerous that the previous case. In Polish mines, the AFCs in most cases operate with nominal (maximal) speed (output). State-of-the-art AFCs are equipped more frequently with frequency transducers, which are used for optimal supply of driving motors. They enable changing the rotational speed of motors. The concept of algorithm for speed control (output control) of AFC enabling adjustment of its output to the current conveyor load.

Słowa kluczowe: maszyny górnicze, przenośnik zgrzebłowy, obliczenia numeryczne, algorytm sterowania

Keywords: mining machines, AFC, numerical calculations, control algorithm

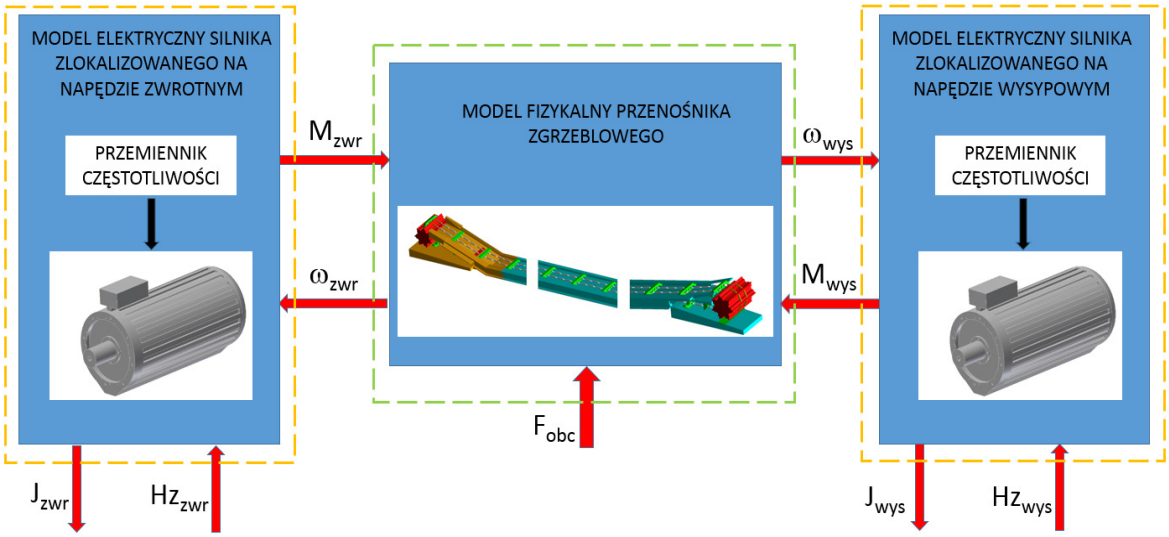
1. Wprowadzenie

W ścianowych systemach wydobywczych kombajn ścianowy generuje strugę urobku, charakteryzującą się dużą zmiennością w czasie. Zmienność strugi urobku jest uwarunkowana, w dużej mierze, warunkami górniczo – geologicznymi, jakimi charakteryzuje się dany pokład węgla. Nie pozwala to na dokładne oszacowanie wielkości obciążenia przenośnika ścianowego, odpowiedzialnego za odstawę urobku z rejonu przodka wydobywczego. Wydajność przenośnika jest dobierana do maksymalnej, przewidywanej wydajności maszyny urabiającej [1, 8, 11]. Stosowane w polskich kopalniach węgla kamiennego rozwiązania techniczne, w większości przypadków nie zapewniają możliwości sterowania prędkością przenośnika ścianowego. Po uruchomieniu, przenośnik pracuje ze stałą (nominalną) prędkością. W nowoczesnych przenośnikach zgrzebłowych, coraz powszechniej, do zasilania silników napędowych są stosowane przemienniki częstotliwości, przykładem może być oferowany przez firmę Caterpillar napęd przenośników zgrzebłowych

typu VFD-A800/W800 lub rozwiązanie opracowane w ramach projektu ICON koordynowanego przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Zastosowanie przemienników częstotliwości umożliwia regulację prędkości obrotowej silników napędowych, a z nią – regulację prędkości ruchu przenośnika, a tym samym jego wydajności [2, 9, 10, 15, 16]. W artykule przedstawiono opracowaną koncepcję algorytmu sterowania prędkością przenośnika zgrzebłowego, poprzez sterowanie nastaw przemienników częstotliwości, służących do zasilania jego silników napędowych.

2. Model obliczeniowy ścianowego przenośnika zgrzebłowego

Opracowanie koncepcji algorytmu sterowania prędkością ruchu przenośnika zgrzebłowego, poprzez zmianę częstotliwości napięcia zasilania silników elektrycznych, wymagało przeprowadzenia serii testów i prób numerycznych. Analizowano wpływ zmiany częstotliwości napięcia zasilania silników elektrycznych na wartość natężenia prądu w tych silnikach, przy różnym poziomie obciążenia górnej nitki łańcucha zgrzebłowego przenośnika. Do symulacji numerycznych posłużył model numeryczny przenośnika ścianowego typu RYBNIK 850, o długości 200 m, z dwoma silnikami napędowymi o mocy 315 kW. Model obliczeniowy składał się z dwóch modułów. Moduł pierwszy, to model fizykalny przenośnika zgrzebłowego (rys. 1). Składał się on z szeregu brył sztywnych, połączonych za pomocą więzów geometrycznych oraz elementów sprężysto – tłumiących. W modelu fizykalnym zdefiniowano także wektory sił i momentów oraz sposób oddziaływania poszczególnych brył pomiędzy sobą. W modelu zabudowano również przetworniki stanu napięcia łańcucha zgrzebłowego na zejściu z bębnów napędowych na napędzie zwrotnym i wysypowym przenośnika. Drugi moduł modelu obliczeniowego składał się z modelu silników elektrycznych. Zastosowano dwa silniki elektryczne: jeden zlokalizowany na napędzie wysypowym, a drugi – na napędzie zwrotnym przenośnika. Oba silniki były zasilane poprzez przemienniki częstotliwości. Sposób zamodelowania silników elektrycznych pozwalał na zmianę prędkości obrotowej silników, poprzez zmianę częstotliwości napięcia ich zasilania [12, 14]. Pomiędzy modułami modelu obliczeniowego zdefiniowano sygnały wejściowe i wyjściowe, co pozwoliło na przeprowadzenie symulacji numerycznych z zastosowaniem techniki symulacji równoległej [3, 4, 5, 6, 7, 12, 13].



Rys. 1. Model obliczeniowy przenośnika zgrzebłowego. Model fizykalny przenośnika – przerywana linia zielona, model silników elektrycznych – przerywana linia pomarańczowa [12]

Strukturę modelu obliczeniowego, uwzględniającą sposób przepływu sygnałów pomiędzy modułami, przedstawiono na rysunku 1. Dodatkowo, w tabeli 1 opisano sygnały wejściowe i wyjściowe, z każdego modułu modelu obliczeniowego.

Sygnały wejściowe i wyjściowe z poszczególnych modułów modelu obliczeniowego [12]

Tabela 1

	Sygnały wejściowe do modułu	Sygnały wyjściowe z modułu
Moduł modelu fizykalnego przenośnika zgrzebłowego	$\mathbf{M_{wys}}$ – moment napędowy na bębnie napędu wysypowego, $\mathbf{M_{zwr}}$ – moment napędowy na bębnie napędu zwrotnego, $\mathbf{F_{obc}}$ – wektor zewnętrznego obciążenia górnej nitki łańcucha zgrzebłowego.	$\boldsymbol{\omega_{wys}}$ – prędkość obrotowa bębna na napędzie wysypowym, $\boldsymbol{\omega_{zwr}}$ – prędkość obrotowa bębna na napędzie zwrotnym.
Moduł modeli silników elektrycznych	$\boldsymbol{\omega_{wys}}$ – prędkość obrotowa bębna na napędzie wysypowym, $\boldsymbol{\omega_{zwr}}$ – prędkość obrotowa bębna na napędzie zwrotnym, $\mathbf{Hz_{wys}}$ – częstotliwość napięcia zasilania silnika elektrycznego napędu wysypowego, $\mathbf{Hz_{zwr}}$ – częstotliwość napięcia zasilania silnika elektrycznego napędu zwrotnego.	$\mathbf{M_{wys}}$ – moment napędowy na bębnie napędu wysypowego, $\mathbf{M_{zwr}}$ – moment napędowy na bębnie napędu zwrotnego, $\mathbf{J_{wys}}$ – natężenie prądu w silniku napędu wysypowego, $\mathbf{J_{zwr}}$ – natężenie prądu w silniku napędu zwrotnego.

Przedstawiony model obliczeniowy zastosowano do przeprowadzenia symulacji numerycznych, w których silniki elektryczne były zasilane napięciem z częstotliwością równą 25 Hz, 35 Hz oraz 50 Hz. W odniesieniu do każdej z częstotliwości napięcia zasilania silników przeprowadzono symulację numeryczną pracy przenośnika, zwiększając obciążenie górnej nitki łańcucha zgrzebłowego co 50 kN, w zakresie od 0 do 400 kN.

3. Zmiany wartości natężenia prądu w silnikach elektrycznych, wynikające ze zmiany częstotliwości napięcia zasilania

W wyniku przeprowadzonych symulacji numerycznych otrzymano wartości natężenia prądu w silnikach elektrycznych przenośnika zgrzebłowego, zarejestrowanych podczas jego pracy. W tabeli 2 przedstawiono średnią wartość natężenia prądu w silnikach, podczas ustalonej pracy przenośnika, w odniesieniu do różnej częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych, przy zmiennym poziomie obciążenia górnej nitki łańcucha zgrzebłowego. Przedstawiono również różnicę wartości natężenia prądu, w odniesieniu do zasilania silników elektrycznych napięciem z częstotliwością 25 i 35 Hz oraz 35 i 50 Hz, przy zachowaniu tego samego poziomu obciążenia przenośnika (wartości wektora siły docisku wybranych zgrzebeł do rynny przenośnika).

Stwierdzono następujące zależności:

- zmiana obciążenia górnej nitki łańcucha zgrzebłowego wpływa na zmianę wartości natężenia prądu w silnikach elektrycznych. Wartość natężenia prądu w silnikach jest wielkością proporcjonalną do wartości momentu, generowanego przez silniki przenośnika,
- suma wartości natężenia prądów zarejestrowanych w silnikach napędu wysypowego i zwrotnego jest proporcjonalna do wielkości obciążenia przenośnika, przy założeniu prawidłowej współpracy obu silników napędowych (to znaczy przy założeniu, że jeden z silników, za pośrednictwem łańcucha zgrzebłowego, nie obciąża dodatkowo drugiego silnika),
- zmiana częstotliwości napięcia zasilania silników elektrycznych umożliwia regulację prędkości przenośnika. Zmniejszenie częstotliwości napięcia zasilania skutkuje zwolnieniem ruchu przenośnika i powoduje wzrost wartości natężenia prądu w silnikach, przy zachowaniu niezmiennego obciążenia przenośnika. Z kolei wzrost częstotliwości skutkuje przyspieszeniem ruchu przenośnika oraz zmniejszeniem wartości natężenia prądu w silnikach, przy zachowaniu niezmiennego obciążenia przenośnika.

Zarówno w silniku napędu wysypowego, jak i napędu zwrotnego, średnia wartość natężenia prądu, przy zasilaniu napięciem o częstotliwości 50 Hz, wzrastała od wartości ok. 90 A w odniesieniu do symulacji pracy bez obciążenia, do wartości ok. 168 A przy maksymalnym obciążeniu przenośnika. W przypadku zasilania silników napięciem o częstotliwości 35 Hz, wartość natężenia prądu w silnikach napędowych wzrastała od wartości ok. 112 A przy braku obciążenia, do wartości ok. 180 A przy maksymalnym obciążeniu przenośnika. Analogicznie przy zasilaniu silników napięciem o częstotliwości 25 Hz, wzrost wartości natężenia prądu w silnikach następował od wartości ok. 123 A bez obciążenia, do wartości ok. 187 A przy maksymalnym obciążeniu.

Ponadto wraz ze wzrostem obciążenia przenośnika, różnica wartości natężenia prądu w silnikach napędowych, zarówno napędu wysypowego jak i zwrotnego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 i 35 Hz, zmniejsza się od wartości ok. 22,5 A przy braku obciążenia, do wartości ok. 13 A przy maksymalnym obciążeniu. Średnia różnica wartości natężenia prądu w silniku, zlokalizowanym na napędzie wysypowym, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 i 35 Hz, wynosiła 17,73 A. Wartość tej różnicy w odniesieniu do silnika napędowego, zlokalizowanego na napędzie zwrotnym, wynosiła 17,5 A.

Różnica wartości natężenia prądu w obu silnikach napędowych, przy częstotliwości napięcia zasilania 25 i 35 Hz, zmniejszała się od ok. 10,5 A przy braku obciążenia, do ok. 6 A przy maksymalnym obciążeniu przenośnika. Wartość średnia różnicy natężenia prądu w silniku napędu wysypowego, podczas zasilania napięciem z częstotliwością 25 i 35 Hz, wynosiła 8,39 A, natomiast w odniesieniu do silnika napędu zwrotnego wartość ta wynosiła 8,29 A.

Wartości natężenia prądu w silnikach napędowych przenośnika, przy zmiennych częstotliwościach napięcia zasilania oraz zmiennym obciążeniu przenośnika [12]

Tabela 2

	0 kN	50 kN	100 kN	150 kN	200 kN	250 kN	300 kN	350 kN	400 kN	Średnia wartość różnicy natężenia prądu
Średnia wartość J_{wys} przy f_{Uz}=50Hz [A]	89,9	96,0	103,6	112,3	121,8	132,7	143,4	154,6	168,2	
Średnia wartość J_{wys} przy f_{Uz}=35Hz [A]	112,6	117,9	123,9	131,4	139,3	148,3	158,2	169,9	180,7	
Różnica wartości J_{wys} przy f_{Uz}=35 i f_{Uz}=50Hz [A]	22,7	21,9	20,3	19,1	17,5	15,6	14,8	15,3	12,5	**17,74**
Średnia wartość J_{wys} przy f_{Uz}=25Hz [A]	123,4	127,9	133,6	140,2	147,8	156,3	165,7	175,9	187,0	
Różnica wartości J_{wys} przy f_{Uz}=25 i f_{Uz}=35Hz [A]	10,8	10,0	9,7	8,8	8,5	8,0	7,5	6,0	6,3	**8,4**
Średnia wartość J_{zwr} przy f_{Uz}=50Hz [A]	89,8	95,9	103,4	112,4	122,3	132,9	143,9	155,3	167,9	
Średnia wartość J_{zwr} przy f_{Uz}=35Hz [A]	112,4	117,6	123,7	131,2	139,3	148,3	158,2	169,9	181,1	
Różnica wartości J_{zwr} przy f_{Uz}=35 i f_{Uz}=50Hz [A]	22,6	21,7	20,3	18,8	17,0	15,4	14,3	14,6	13,2	**17,54**
Średnia wartość J_{zwr} przy f_{Uz}=25Hz [A]	123,3	127,8	133,3	140,2	147,6	155,9	165,4	175,7	186,8	
Różnica wartości J_{zwr} przy f_{Uz}=25 i f_{Uz}=35Hz [A]	10,9	10,2	9,6	9,0	8,3	7,6	7,2	5,8	5,7	**8,25**

gdzie: J_{wys} – średnia wartość natężenia prądu w silniku, zlokalizowanym na napędzie wysypowym przenośnika; J_{zwr} – średnia wartość natężenia prądu w silniku, zlokalizowanym na napędzie zwrotnym przenośnika; f_{Uz} – częstotliwość napięcia zasilania.

4. Koncepcja algorytmu sterowania prędkością ruchu przenośnika zgrzebłowego

Określenie charakteru zmian wartości natężenia prądu w silnikach przenośnika zgrzebłowego, wynikających ze zmiany częstotliwości napięcia ich zasilania, pozwoliło opracować koncepcję algorytmu sterowania jego prędkością.

Sterowanie prędkością, według opracowanej koncepcji algorytmu, ma na celu zmniejszenie prędkości ruchu przenośnika w sytuacji, w której struga urobku jest niewielka, bądź występuje chwilowa przerwa w jej generowaniu. Natomiast w sytuacji, gdy ilość urobku ulega zwiększeniu, następuje zwiększenie prędkości ruchu przenośnika, i jego wydajności niezbędnej do odstawy urobku znajdującego się na przenośniku. Pozwoliło to na uniknięcie sytuacji, w której przenośnik pracuje z pełną prędkością (wydajnością), przy braku lub małej strudze urobku. Korzyścią zmniejszenia prędkości ruchu przenośnika jest m.in. zmniejszenie ciernego zużycia jego podzespołów.

Niskie opory ruchu (małe obciążenia przenośnika) skutkują występowaniem niewielkich wartości natężenia prądu w silnikach elektrycznych podczas ruchu przenośnika. Wzrost oporów ruchu (zwiększenie obciążenia przenośnika) powoduje wzrost wartości natężenia prądu w tych silnikach. W koncepcji algorytmu sterowania, jako nośnik informacji o wielkości obciążenia przenośnika, postanowiono wykorzystać sumę wartości natężeń prądów w jego silnikach napędowych.

Schemat blokowy, przedstawiający koncepcję algorytmu sterowania prędkością ruchu przenośnika, przedstawiono na rysunku 2. Regulacja prędkości ruchu przenośnika, zgodnie z przedstawionym schematem, rozpoczyna się od określenia bieżącej prędkości ruchu przenośnika (Pr). Bieżąca prędkość ruchu przenośnika, określana na podstawie aktualnej wartości częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych, jest identyfikowana jako: mała (Pr3), średnia (Pr2) lub duża (Pr1). W kolejnym kroku następuje odczytanie sumy wartości natężenia prądów w silnikach elektrycznych ($\sum J$). Wartość ta jest sumą wartości średniej natężenia prądów w zdefiniowanym okresie czasu. Następnie odczytana wartość poprzez jej porównanie z założoną wartością minimalną i maksymalną, przypisywana jest do jednego z trzech przedziałów. Założone wartości minimalne i maksymalne różnią się w zależności od bieżącej wartości prędkości łańcucha. W sytuacji, w której odczytana wartość sumy natężenia prądów w silnikach jest mniejsza od założonej wartości minimalnej zadany poziom prędkości przenośnika ustawiany jest na wartość równą 3, co odpowiada pracy z małą prędkością. W sytuacji, w której odczytana wartość sumy natężenia prądów w silnikach napędowych jest większa od założonej wartości minimalnej, a jednocześnie mniejsza od założonej wartości maksymalnej, zadany poziom prędkości przenośnika przyjmuje wartość 2, co odpowiada pracy ze średnią prędkością. Z kolei w sytuacji, w której wartość odczytana jest większa od założonej wartości maksymalnej, zadany poziom prędkości przenośnika ustawiany jest na wartość równą 1, odpowiadającą pracy z dużą prędkością.

Na podstawie wartości sygnału opisującego zadany poziom prędkości nastąpi zmiana wartości częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych przenośnika. Wynikiem tej zmiany będzie zmiana prędkości ruchu przenośnika. Po upływie założonej zwłoki czasowej następuje ponowne określenie bieżącej wartości prędkości przenośnika, a następnie powtórzenie całego cyklu.

Obecnie standardowa częstotliwość napięcia zasilania silników elektrycznych wynosi 50 Hz. W odniesieniu do tej częstotliwości przyjęto trzy poziomy wartości sumy natężenia

prądów w silnikach elektrycznych. Na podstawie zdefiniowanych przedziałów, zgodnie z założonymi w algorytmie sterowania regułami, jest generowany zadany poziom prędkości ruchu przenośnika. Przyjęte przedziały wartości sumy natężenia prądu są następujące:

1. suma wartości natężenia prądów, zmierzona w silnikach elektrycznych, **jest mniejsza od** 50% wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego,
2. suma wartości natężenia prądów, zmierzona w silnikach elektrycznych, **jest większa od** połowy wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, a jednocześnie **jest mniejsza od** 70% wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego,
3. suma wartości natężenia prądów, zmierzona w silnikach elektrycznych, **jest większa od** 70% wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego.

W przypadku 1., wartość zadana prędkości ruchu przenośnika jest ustawiana na wartość odpowiadającą pracy z małą prędkością ruchu łańcucha. W celu uzyskania ruchu wolnego częstotliwość napięcia zasilania silników elektrycznych zostaje ustawiona na wartości 25 Hz.

W przypadku 2., wartość zadana prędkości ruchu przenośnika jest ustawiona na wartość odpowiadającą pracy ze średnią prędkością ruchu łańcucha. W tej sytuacji wartość częstotliwości napięcia zasilania silników elektrycznych jest ustawiana na 35 Hz.

W przypadku 3., wartość zadana prędkości ruchu przenośnika jest przyjmowana jako wartość odpowiadająca pracy z szybkim ruchem łańcucha. Przy ruchu szybkim, wartość częstotliwości napięcia zasilania silników przenośnika wynosi 50 Hz.

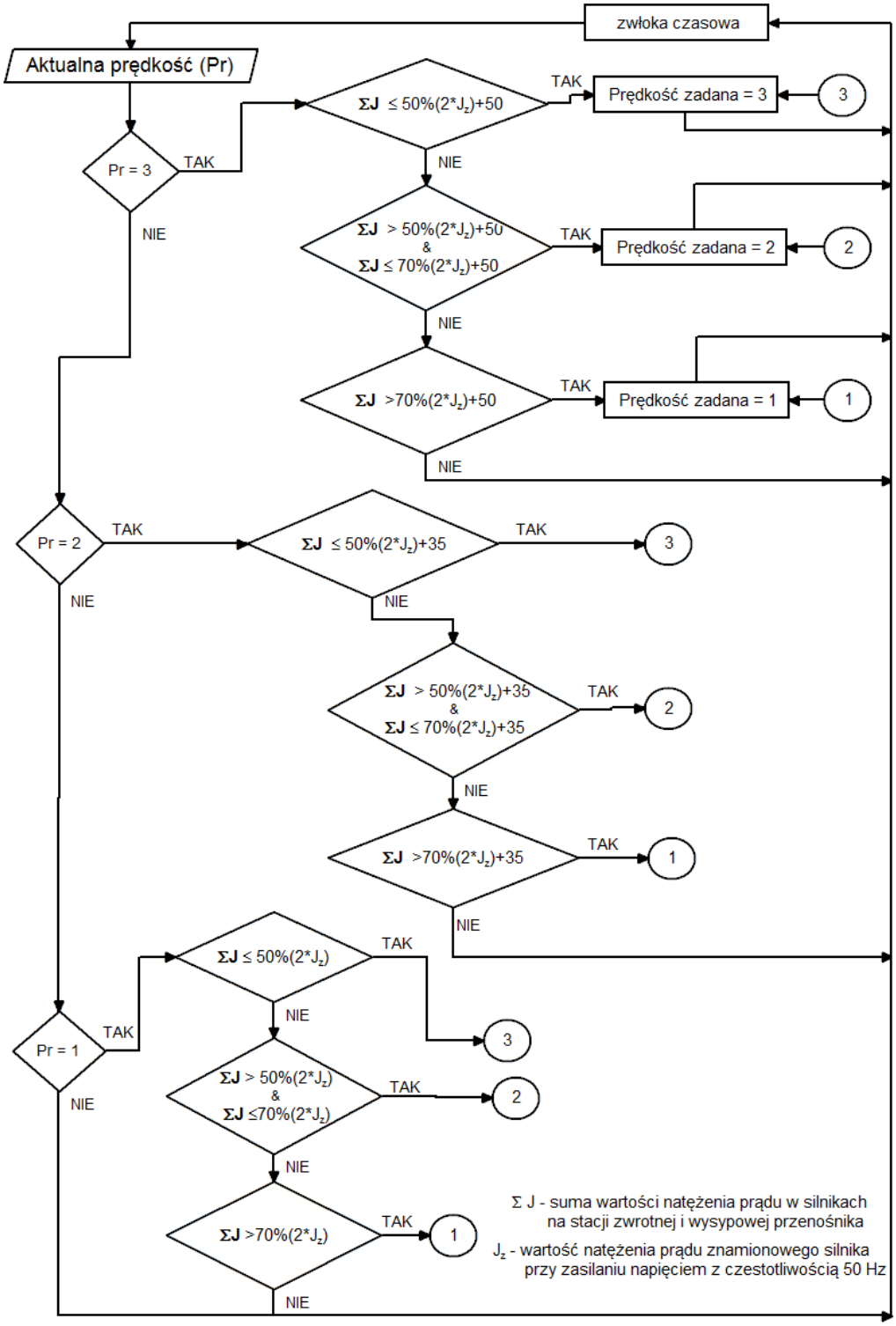
Biorąc pod uwagę fakt, że zmiana wartości częstotliwości napięcia zasilania silników elektrycznych powoduje również zmianę wartości natężenia prądu w silnikach, przy niezmienionym poziomie obciążenia, w algorytmie wprowadzono korekty, uwzględniające bieżącą częstotliwość napięcia zasilania silników przenośnika. W tym celu w algorytmie jest kontrolowany poziom prędkości ruchu przenośnika. Następnie modyfikacji podlegają granice przedziałów wartości sumy natężenia prądów, decydujące o zadanym poziomie prędkości ruchu przenośnika. Wartości korekt granicy przedziałów sumy natężenia prądów wynikają z wielkości zmian wartości natężenia prądów w silnikach elektrycznych, spowodowanych zmianą częstotliwości napięcia zasilania silników (tabela 2).

W przypadku ruchu przenośnika z małą wartością prędkości, do wartości 50% i 70% podwojonego natężenia prądu znamionowego, należy dodać wartość 50 A (suma średniej różnicy wartości natężenia prądów przy zasilaniu silników napięciem z częstotliwością 50 i 35 Hz oraz średniej różnicy wartości natężenia prądów przy zasilaniu silników napięciem z częstotliwością 35 i 25 Hz, zarówno w odniesieniu do silnika zlokalizowanego na napędzie wysypowym, jak i zwrotnym – tabela 2). W sytuacji, w której przenośnik pracuje z małą prędkością (ruch wolny – częstotliwość zasilania 25 Hz), przedziały wartości sumy natężenia prądów w silnikach, na podstawie których jest generowana wartość zadana prędkości ruchu, prezentują się następująco:

1. suma wartości natężenia prądów, zmierzonych w silnikach elektrycznych, **jest mniejsza** od połowy wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy częstotliwości napięcia zasilania równej 50 Hz, **powiększonego o 50 A**,
2. suma wartości natężenia prądów, zmierzonych w silnikach elektrycznych, **jest większa** od połowy wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 Hz, **powiększonego o 50 A**, a jednocześnie

jest mniejsza od 70% wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 Hz, **powiększonego o 50 A**,

3. suma wartości natężenia prądów, zmierzonych w silnikach elektrycznych, **jest większa** od 70% wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 Hz, **powiększonego o 50 A**.



Rys. 2. Schemat blokowy przedstawiający koncepcję algorytmu sterowania prędkością przenośnika zgrzebłowego [12]

W przypadku pracy przenośnika ze średnią wartością prędkości, do wartości 50% i 70% podwojonego natężenia prądu znamionowego należy dodać wartość 35 A (suma średniej różnicy wartości natężenia prądów przy zasilaniu silników napięciem z częstotliwością 50 i 35 Hz w odniesieniu do obu silników elektrycznych – tabela 2). W tym przypadku przedział wartości sumy natężeń prądów, decydujący o zadanym poziomie prędkości przenośnika, jest następujący:

1. suma wartości natężenia prądów, zmierzonych w silnikach elektrycznych, **jest mniejsza** od połowy wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 Hz, **powiększonego o 35 A**,
2. suma wartości natężenia prądów, zmierzonych w silnikach elektrycznych, **jest większa** od połowy wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 Hz, **powiększonego o 35 A**, a jednocześnie **jest mniejsza** od 70% wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 Hz, **powiększonego o 35 A**,
3. suma wartości natężenia prądów, zmierzonych w silnikach elektrycznych, **jest większa** od 70% wartości podwojonego natężenia prądu znamionowego, przy zasilaniu napięciem z częstotliwością 50 Hz, **powiększonego o 35 A**.

Odczytywanie wartości sumy natężenia prądów w silnikach napędowych będzie się odbywać w pętli czasowej, zgodnie ze zdefiniowanym interwałem czasowym. Po każdym odczytaniu wartości, na podstawie reguł opisujących algorytm sterowania, będzie generowany zadany poziom prędkości pracy przenośnika, a wraz z nim – bieżące nastawy przemienników częstotliwości.

Suma wartości natężenia prądów w silnikach będzie mierzona jako suma wartości średnich natężenia prądów w silniku na napędzie wysypowym i zwrotnym przenośnika, w przedziale czasu równym okresowi próbkowania.

5. Podsumowanie

Wartość natężenia prądu w silniku elektrycznym jest proporcjonalna do wielkości jego obciążenia, ponieważ silniki generują moment, niezbędny do pokonania oporów ruchu przenośnika, na które składają się opory własne ruchu przenośnika oraz opory wynikające z obciążenia przenośnika transportowanym urobkiem. Analizując pracę przenośnika zgrzebłowego z dwoma silnikami napędowymi, przy założeniu ich właściwej współpracy, można stwierdzić, że suma momentów generowanych przez nie, po uwzględnieniu przełożenia reduktora, jest równa sumie oporów własnych ruchu przenośnika oraz oporów, wynikających z obciążenia przenośnika transportowanym urobkiem. Uwzględniając powyższe oraz fakt, że wartość natężenia prądu w silniku jest proporcjonalna do wartości generowanego przezeń momentu, można wnioskować, że wartość sumy natężenia prądów w obu silnikach napędowych jest proporcjonalna do wielkości oporów, jakie silniki przenośnika muszą pokonać podczas pracy.

Jako nośnik informacji o sumarycznej wielkości oporów ruchu przenośnika, w procesie regulacji prędkości jego ruchu, zastosowano sumę wartości natężenia prądów silników elektrycznych przenośnika. Na podstawie tej informacji może być szacowany poziom obciążenia przenośnika wynikający z ilości transportowanego urobku.

Sterowanie prędkością łańcucha w przenośniku jest możliwe, gdy silniki są zasilane za pomocą przemienników częstotliwości. W przedstawionej koncepcji algorytmu sterowania prędkością pracy przenośnika, wykorzystano sumę wartości natężeń prądów w jego silnikach, jako nośnik informacji o jego bieżącym obciążeniu.

W przedstawionej koncepcji algorytmu sterowania prędkością ruchu łańcucha przenośnika zgrzebłowego zdefiniowano trzy poziomy prędkości (mała, średnia i duża prędkość ruchu). Przedstawione podejście regulacji prędkości nie wyklucza jednak zdefiniowanie dowolnej liczby przedziałów prędkości ruchu.

Przedstawione w artykule granice przedziałów wartości sumy natężenia prądów w silnikach napędowych przenośnika opracowano w odniesieniu do zastosowanych w modelu obliczeniowym silników o mocy 315 kW. Zastosowanie innego rodzaju silnika wymagałoby korekty wartości natężenia prądów w silnikach, o jakie należy zmienić granice przedziałów, decydujących o przypisaniu do poszczególnych poziomów prędkości.

Proponowana koncepcja regulacji prędkości łańcucha pozwoli na zmniejszenie zużycia jego podzespołów, poprzez ograniczenie przebiegu maszyny w sytuacjach, gdy maszyna urabiająca generuje małą strugę urobku lub przemieszcza się ruchem jałowym.

Koncepcję sterowania prędkością ruchu przenośnika opracowano przy założeniu prawidłowej współpracy silników, zlokalizowanych na napędzie wysypowym i zwrotnym przenośnika, tj. sytuacji, w których silniki napędowe są obciążone równomiernie, a jeden z silników nie powoduje zwiększenia obciążenia drugiego poprzez łańcuch zgrzebłowy. W sytuacji nieprawidłowej współpracy obu silników elektrycznych, wartość średnia natężenia prądów w silnikach może być zawyżona. Opracowanie algorytmu, czuwającego nad poprawną współpracą obu silników, jest przedmiotem kolejnych prac badawczych, związanych ze sterowaniem pracą przenośnika zgrzebłowego.

Literatura

[1] Dolipski M.: Dynamika przenośników łańcuchowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997

[2] Drwięga A., Szewerda K., Tytko S.: Zagadnienia regulacji obciążeń napędów w wysokowydajnym przenośniku zgrzebłowym kompleksu ścianowego. Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych. Monografia, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2013 s. 375-384

[3] Herbuś K. and Ociepka P. 2015, Analysis of the Hexapod Work Space using integration of a CAD/CAE system and the LabVIEW software IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 95 012096

[4] Herbuś K. and Ociepka P. 2015, Integration of the virtual 3D model of a control system with the virtual controller IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 95 012084

[5] Herbuś K. and Ociepka P. 2016, Integration of the virtual model of a Stewart platform with the avatar of a vehicle in a virtual reality IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 145 042018

[6] Herbuś K., Kost G., Reclik D., Świder J.: Integration of a virtual 3D model of a robot manipulator with its tangible model (phantom), Advanced Materials Research. 837 (2014) 582-587

[7] Herbuś K., Ociepka P.: Mapping of the Characteristics of a Drive Functioning in the System of CAD Class Using the Integration of a Virtual Controller with a Virtual Model of a Drive, Applied Mechanics and Materials. 809-810 (2015) 1249-1254

[8] Jaszczuk M.: Systemy zintegrowanego sterowania układem technologicznym ściana wydobywcza – punkt załadowczy. Seria: Innowacyjne techniki i technologie mechanizacyjne. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2008

[9] Opracowanie wirtualnego dyskretnego modelu przenośnika wraz z modelem jego sterowania, przeprowadzenie testowych symulacji numerycznych modelu. Raport projektu badawczego ICON: System wyrównywania obciążeń napędów wysoko wydajnych przenośników zgrzebłowych. Ścieżka programowa In-Tech. Gliwice, 2012 (materiały niepublikowane)

[10] Przybyłka J. : Napędy elektryczne o regulowanej prędkości obrotowej produkcji DFME DAMEL S.A. do przenośników taśmowych. Transport Przemysłowy i maszyny robocze 1(27)/2015 str. 37 -39

[11] Suchoń J.: Górnicze przenośniki zgrzebłowe. Budowa i zastosowanie. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012

[12] Szewerda K.: Metoda parametryzacji i doboru algorytmów sterowania przenośników zgrzebłowych. Praca statutowa Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2016, (materiały niepublikowane)

[13] Szewerda K.: Wirtualne prototypowanie w tworzeniu algorytmu sterowania przenośnikiem zgrzebłowym. KOMTECH 2014, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014 s. 195-206

[14] Świder J., Herbuś K., Szewerda K.: Analysis of load unevenness of chain conveyor's driving motors on the basis of numerical simulations. J. Achiev. Mater. Manuf. Eng. 2015 nr 73/2 s. 75, ISSN 1734-8412

[15] U. Paschedag: The Intelligence Factor. World Coal Volume 18 Number 6, June 2009 pp.14-20

[16] www.cat.com/pl_PL/products/new/equipment/underground-longwall.html

Artykuł jest wynikiem prac, realizowanych w ramach grantu doktoranckiego, finansowanego przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG.

Obliczenia wykonano na komputerach Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej.

Systemy informatyczne i narzędzia inżynierskie wspomagające procesy produkcyjne surowców mineralnych

dr inż. Joanna Rogala-Rojek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule przedstawiono wybrane rozwiązania informatyczne opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Zaprezentowano systemy wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem tj. system zarządzania siecią elektroenergetyczną kopalni oraz system identyfikacji elementów maszyn górniczych. Omówiono rozwiązania dedykowane do obliczeń inżynierskich obejmujące oprogramowanie do prognozowania wyników rozdziału nadaw węglowych oraz oprogramowanie wspomagające proces zarządzania bezpieczeństwem funkcjonalnym. Przedstawiono także przykład zrealizowanego w Instytucie systemu wizualizacji procesu technologicznego. Wskazano możliwe obszary zastosowań opracowanych rozwiązań.

Abstract:

Selected information technology solutions developed at KOMAG Institute of Mining Technology are presented. The systems supporting the enterprise management i.e. the system for management of mine power grid and the system for identification of mining machines' components are discussed. The solutions dedicated to engineering calculations including the software for estimation of separation effectiveness of coal feeds as well as the software aiding the management of functional safety are also discussed. Example of the system for visualization of technological process, developed by KOMAG, is given. The possible applications of the developed solutions are indicated.

Słowa kluczowe: systemy informatyczne w górnictwie, zarządzanie siecią elektroenergetyczną, zarządzanie procesem wzbogacania, zarządzanie bezpieczeństwem funkcjonalnym, system elektronicznej identyfikacji elementów maszyn górniczych

Keywords: information technology systems in the mining industry, management of power grid, management of beneficiation process, management of functional safety, system for identification of mining machines' components

1. Wstęp

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG realizowane są prace m.in. z zakresu elektroniki, informatyki, teletransmisji i robotyki, mające na celu opracowanie rozwiązań pozwalających na efektywne planowanie, zmniejszenie energochłonności procesu produkcji węgla oraz poprawę poziomu bezpieczeństwa pracy. Są wśród nich systemy informatyczne wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem, oprogramowanie dedykowane do obliczeń specjalistycznych oraz aplikacje wizualizacyjne do systemów sterowania [1, 2, 3, 12, 13].

W niniejszym artykule przedstawiono wybrane rozwiązania, w tym :

- system zarządzania siecią elektroenergetyczną kopalni,
- oprogramowanie do prognozowania wyników rozdziału nadaw węglowych,
- oprogramowanie wspomagające proces zarządzania bezpieczeństwem funkcjonalnym,
- system elektronicznej identyfikacji elementów maszyn górniczych,
- system wizualizacji pracy osadzarki.

2. System zarządzania siecią elektroenergetyczną kopalni

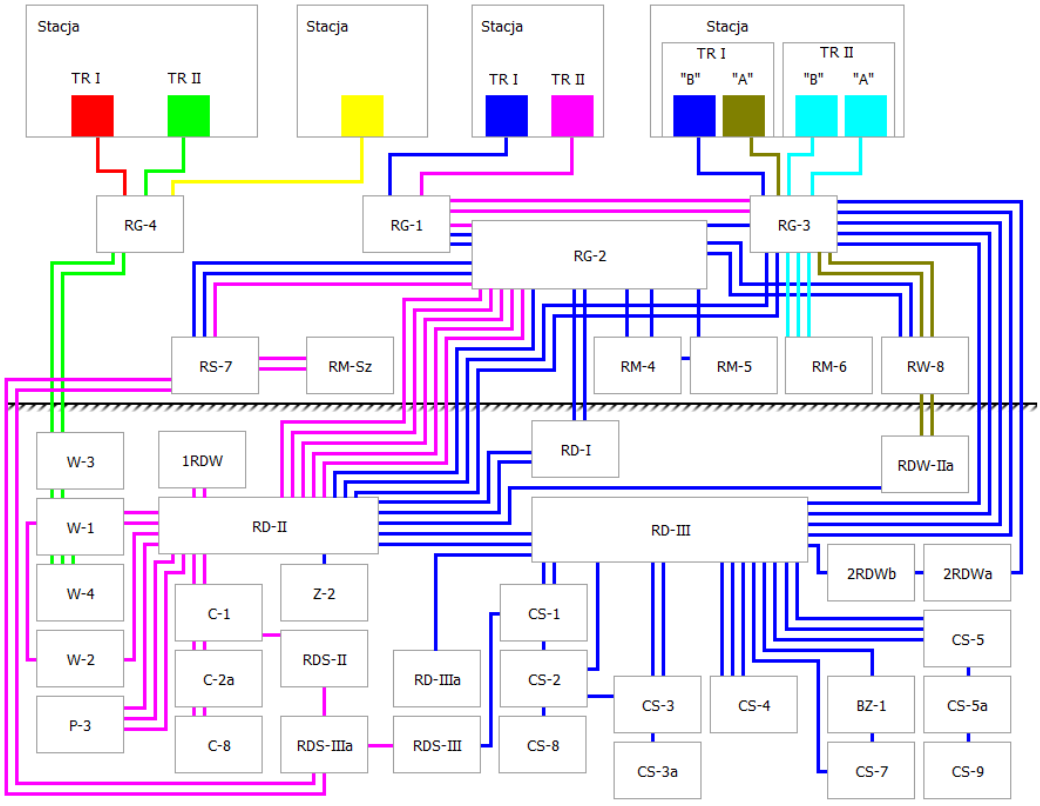
Dostępność energii elektrycznej jest podstawowym czynnikiem warunkującym prowadzenie działalności w zakładach górniczych. Ochrona przed zagrożeniami oraz procesy takie jak: przewietrzanie wyrobisk podziemnych, transport załogi z i na powierzchnię kopalni,

wymagają ciągłości dostaw energii, w celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy ludzi i ochrony środków produkcji.

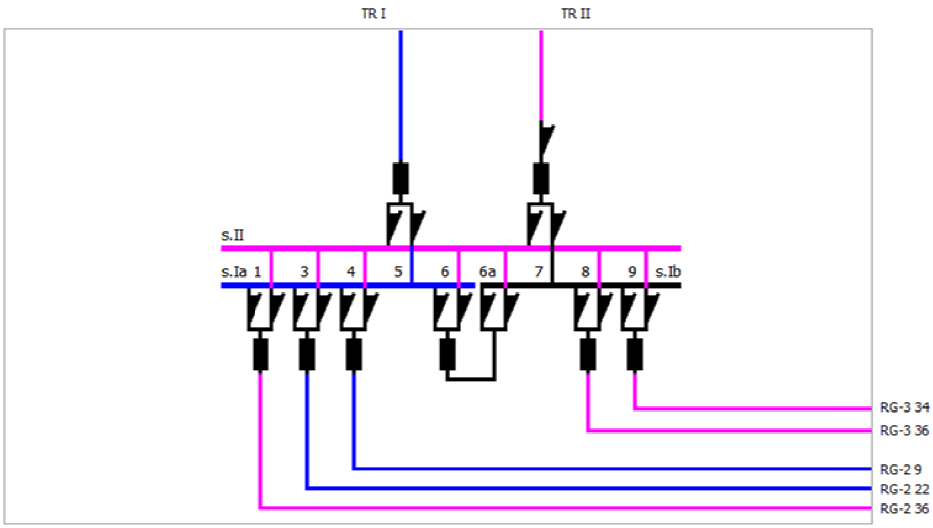
Instalacje elektryczne, często bardzo złożone, przesyłają dużą ilość energii, zwłaszcza, gdy szczytowe wartości mocy obciążenia są kilka razy wyższe. Możliwe jest to ze względu na przerywany charakter pracy głównych odbiorników energii. Znaczne długości podziemnych sieci zasilających, w połączeniu z wysokim zapotrzebowaniem na energię, skutkują koniecznością podnoszenia napięcia w kopalnianej sieci elektroenergetycznej.

Konieczność poprawy efektywności przesyłu, rozdziału i użytkowania energii wymusza potrzebę wprowadzenia zmian w sposobie nadzorowania i zarządzania sieciami elektroenergetycznymi. W ramach projektu o akronimie M-SmartGrid, dofinansowanego przez europejski Fundusz Badawczy Węgla i Stali, prowadzono prace nad systemem służącym do zarządzania siecią elektroenergetyczną kopalni [6, 7]. Celem głównym projektu było opracowanie nowych rozwiązań sprzętowo-programowych, pozwalających na obniżenie kosztów zużycia energii elektrycznej. W ramach projektu ITG KOMAG opracował oprogramowanie do zarządzania kopalnianą siecią elektroenergetyczną kopalni (AGM), które umożliwia monitorowanie powierzchniowej i dołowej sieci elektroenergetycznej, prognozowanie obciążeń oraz wspomaganie podejmowania decyzji w różnych warunkach funkcjonowania sieci [6].

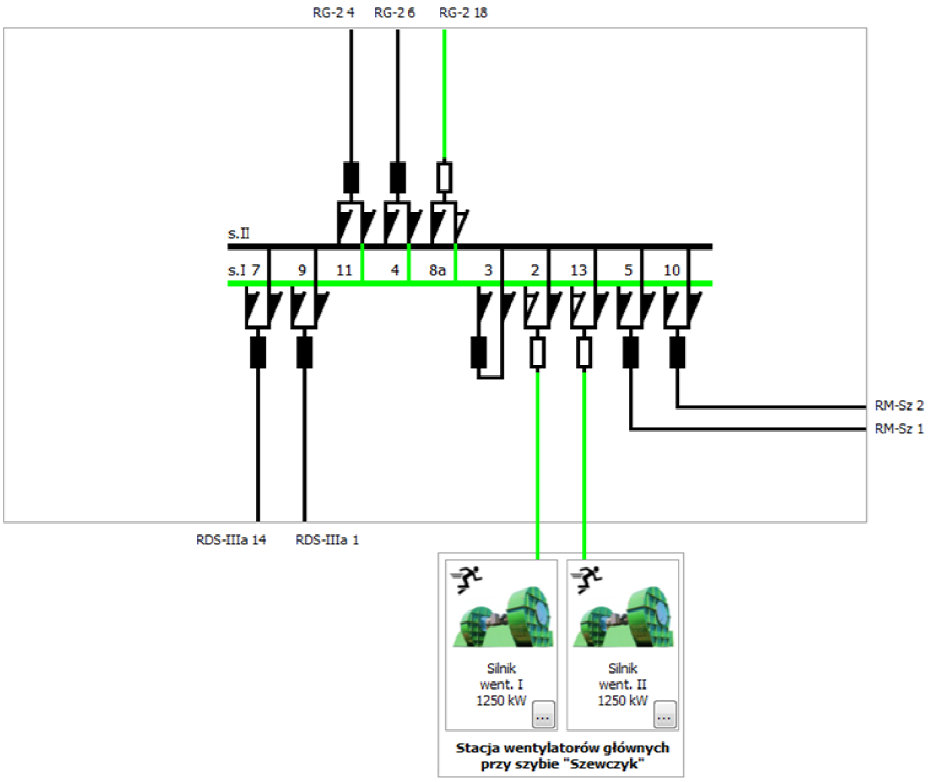
Główny interfejs programu przedstawiono na rysunku 1. Prezentację danych dotyczących rozdzielni oraz podgląd przebiegów czasowych przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 1. Interfejs użytkownika przedstawiający schemat sieci elektroenergetycznej kopalni [7]



Rys. 2. Schemat wybranej rozdzielni [6]



Rys. 3. Schemat wybranej rozdzielni z odbiornikami końcowymi [6]

Model obciążenia sieci umożliwia odczytanie przebiegu obciążenia w określonym czasie i w dowolnym miejscu sieci.

W systemie umożliwiono wczytanie symulowanego obciążenia z pliku, a także wygenerowanie wykresu obciążenia np.: transformatora, które stanowi sumę obciążeń wszystkich odbiorników podłączonych do niego.

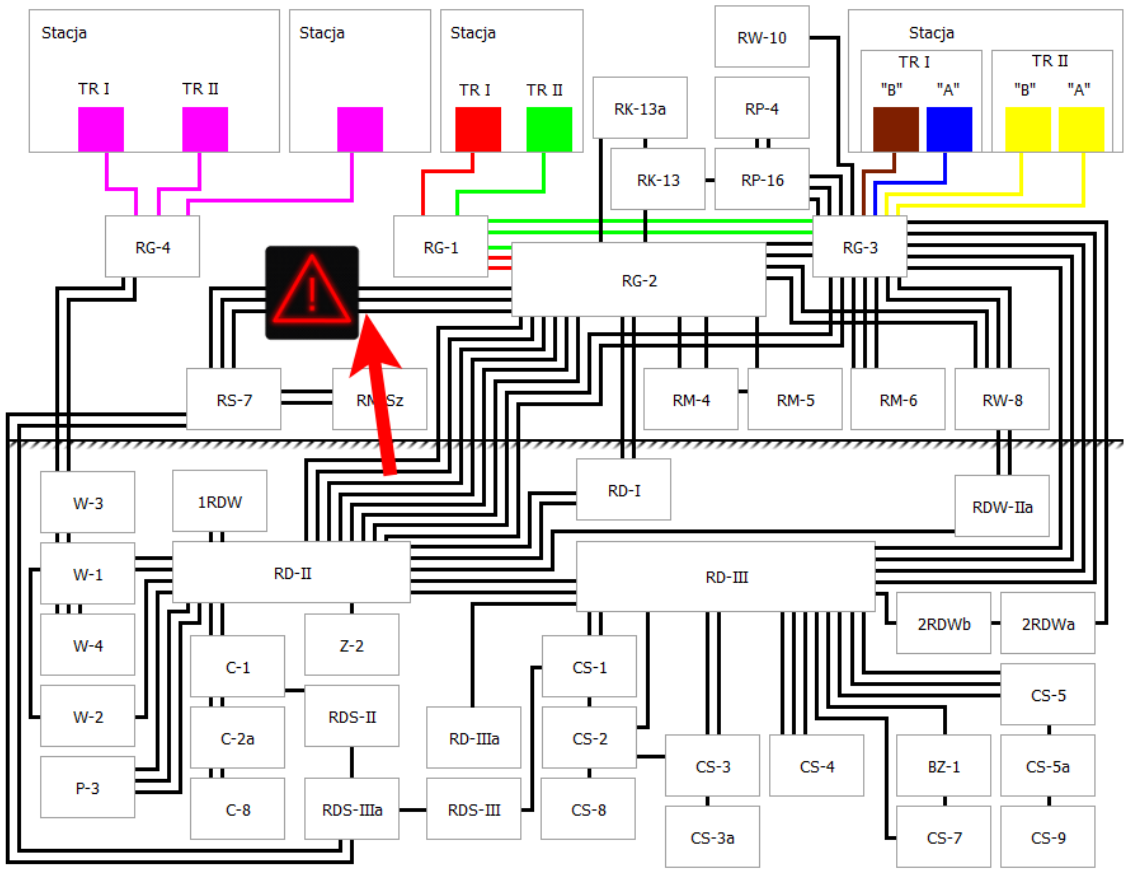
Aplikacja służy wspomaganiu podejmowania decyzji operatorom np. podczas awarii oraz po ich wystąpieniu. Po wykryciu awarii operator ma możliwość sprawdzenia wszystkich alternatywnych połączeń w rozdzielni, od których odcięto zasilanie. Znalezienie tych połączeń umożliwia zasilenie urządzeń znajdujących się poza uszkodzoną częścią sieci.

Powyższy proces wspomagany jest przez interfejs użytkownika, przedstawiający sieć elektroenergetyczną [6].

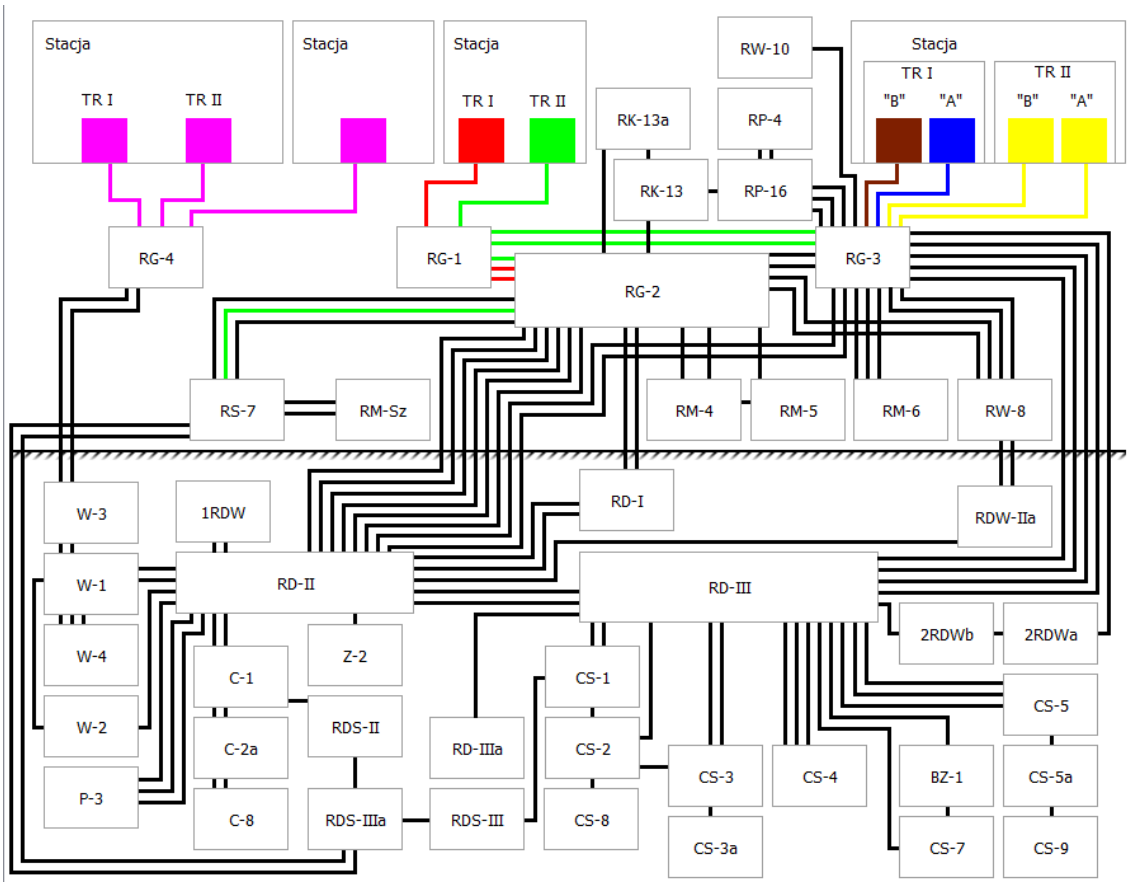
Program pozwala także na symulacje awarii, np. podczas szkolenia operatorów nadzorujących stan sieci. Awaria połączenia sygnalizowana jest w interfejsie użytkownika migającą ikoną i wskazaniem uszkodzonego połączenia – rysunek 4. W celu dostarczenia zasilania do odbiorników, np. w przypadku uszkodzenia jednego z transformatorów, wybierany jest alternatywny wariant połączeń (rys. 5).

Efektem końcowym projektu M-SmartGrid jest system służący do zarządzania siecią elektroenergetyczną, mający na celu zredukowanie zużycia energii. Przeprowadzone w ramach realizacji projektu testy potwierdziły spełnienie założonych wymagań oraz gotowość systemu na podłączenie do układu monitorującego rozdzielnie w sieci elektroenergetycznej [7].

Oprogramowanie to może być dostosowane do indywidualnych potrzeb oraz układów sieci elektroenergetycznej zakładu górniczego i stanowi przedmiot oferty komercyjnej.



Rys. 4. Sygnalizacja awarii połączenia miedzy rozdzielnią RG-2 i RS-7 [6]

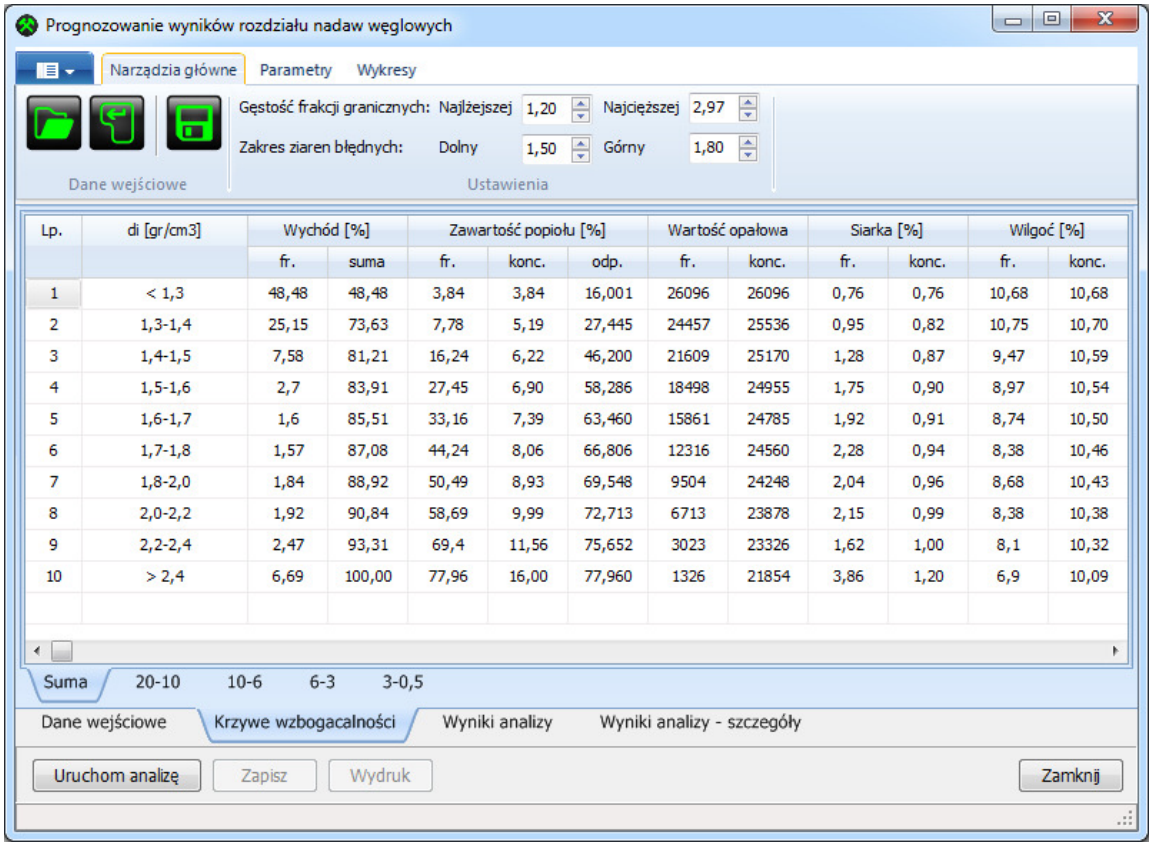


Rys. 5. Alternatywny sposób połączenia rozdzielni [6]

3. Oprogramowanie do prognozowania wyników rozdziału nadaw węglowych

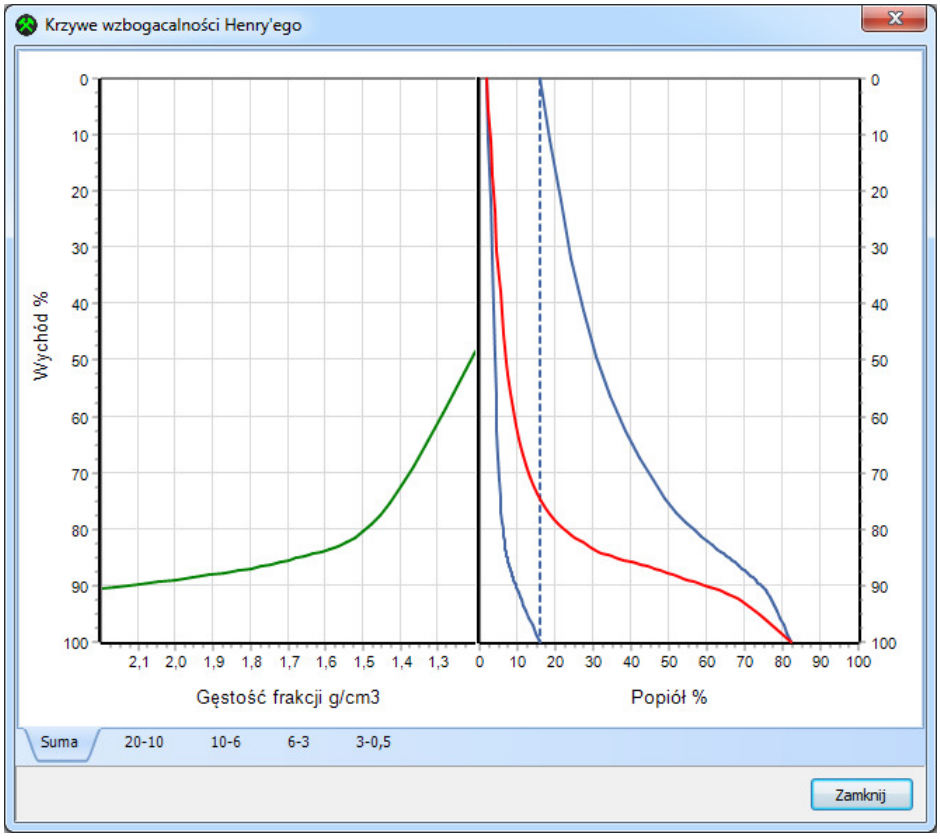
Wymóg produkowania jakościowo dobrych koncentratów węglowych, przy pogarszającej się jakości złóż, a także w obliczu coraz bardziej restrykcyjnych przepisów w zakresie ochrony środowiska stawia coraz wyższe wymagania, dotyczące efektywnego wzbogacania, przed producentami surowców energetycznych. O jakości produktu decydują procesy przeróbki mechanicznej. Jednym z nich jest wzbogacanie węgla surowego. Skuteczność rozdziału jest zależna zarówno od charakterystyki rozdzielanego materiału, jak i od dostosowania urządzeń ciągu technologicznego do wymaganej wydajności i oczekiwanych parametrów jakościowych i ilościowych produktów [4].

Istotne jest zatem prognozowanie wyników procesu wzbogacania węgla surowego. Jest to zadanie wymagające zastosowania modelu matematycznego. W ITG KOMAG, w oparciu o wyniki dotychczasowych prac obejmujących badania technologiczne procesu osadzarkowego wzbogacania realizowanego w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych, opracowano założenia, opracowano ww. model i oprogramowanie do prognozowania wyników rozdziału nadaw węglowych. Dane wejściowe są wynikiem analizy densymetrycznej nadawy oraz parametrów pracy urządzenia, charakteryzowane przez gęstość rozdziału i imperfekcję. Wynikiem jest charakterystyka ilościowa i jakościowa rozdziału produktów. Oprogramowanie pozwala na analizę dwuproduktową i trójproduktową. Możliwe jest również wykreślenie krzywych wzbogacalności (rys. 6 i 7).



Lp.	di [gr/cm3]	Wychód [%]		Zawartość popiołu [%]			Wartość opałowa		Siarka [%]		Wilgoć [%]	
		fr.	suma	fr.	konc.	odp.	fr.	konc.	fr.	konc.	fr.	konc.
1	< 1,3	48,48	48,48	3,84	3,84	16,001	26096	26096	0,76	0,76	10,68	10,68
2	1,3-1,4	25,15	73,63	7,78	5,19	27,445	24457	25536	0,95	0,82	10,75	10,70
3	1,4-1,5	7,58	81,21	16,24	6,22	46,200	21609	25170	1,28	0,87	9,47	10,59
4	1,5-1,6	2,7	83,91	27,45	6,90	58,286	18498	24955	1,75	0,90	8,97	10,54
5	1,6-1,7	1,6	85,51	33,16	7,39	63,460	15861	24785	1,92	0,91	8,74	10,50
6	1,7-1,8	1,57	87,08	44,24	8,06	66,806	12316	24560	2,28	0,94	8,38	10,46
7	1,8-2,0	1,84	88,92	50,49	8,93	69,548	9504	24248	2,04	0,96	8,68	10,43
8	2,0-2,2	1,92	90,84	58,69	9,99	72,713	6713	23878	2,15	0,99	8,38	10,38
9	2,2-2,4	2,47	93,31	69,4	11,56	75,652	3023	23326	1,62	1,00	8,1	10,32
10	> 2,4	6,69	100,00	77,96	16,00	77,960	1326	21854	3,86	1,20	6,9	10,09

Rys. 6. Tabela współrzędnych krzywych wzbogacalności [4]



Rys. 7. Wykres krzywych wzbogacalności Henry'ego [4]

Opracowane oprogramowanie stanowi wsparcie przy projektowaniu ciągów technologicznych i instalacji wzbogacania węgla oraz może być wykorzystane do obliczeń projektowych. Ponadto, wyniki otrzymywane z obliczeń matematycznych zawartych w oprogramowaniu komputerowym mogą być wykorzystywane do analiz porównawczych z wynikami badań procesu przemysłowego oraz wynikami badań uzyskanych z laboratoryjnych prób technologicznych. Pozwala to na prowadzenie dalszych prac badawczych związanych z doskonaleniem budowy modelu prognostycznego oraz zwiększeniem jego dokładności przy wykorzystaniu w programach komputerowych.

4. Oprogramowanie wspomagające proces zarządzania bezpieczeństwem funkcjonalnym

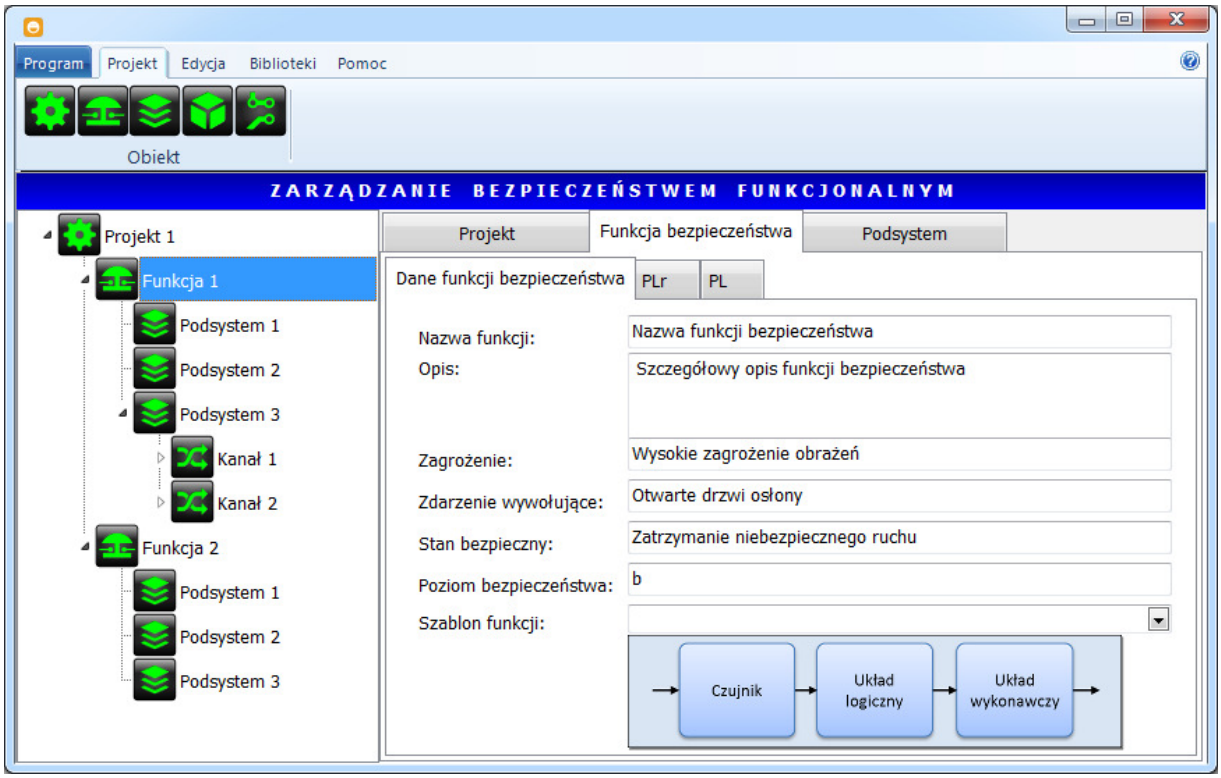
Nowoczesne systemy sterowania znajdują coraz szersze zastosowanie w maszynach górniczych. Dyrektywa maszynowa wymaga, by każdy system sterowania maszyną zapewniał jej bezpieczne funkcjonowanie. Oznacza to w praktyce, że projektant systemu sterowania powinien wziąć pod uwagę zarówno poprawne, jak i niepoprawne działanie maszyny. Wymagania dyrektywy dotyczące bezpieczeństwa funkcjonalnego maszyny uszczegółowiono w normach zharmonizowanych. Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) i poziom zapewnienia bezpieczeństwa (PL) są podstawowymi parametrami opisu ryzyka i bezpieczeństwa. Poziomy SIL są wyznaczane w oparciu o wymagania normy PN-EN 62061, natomiast poziomy PL określa się na podstawie wymagań normy PN-EN ISO 13849-1 [9].

Potrzeba utworzenia niezawodnego narzędzia, dzięki któremu możliwe byłoby wyznaczanie poziomu bezpieczeństwa i poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa, była podstawą opracowania oprogramowania wspomagającego proces zarządzania bezpieczeństwem funkcjonalnym.

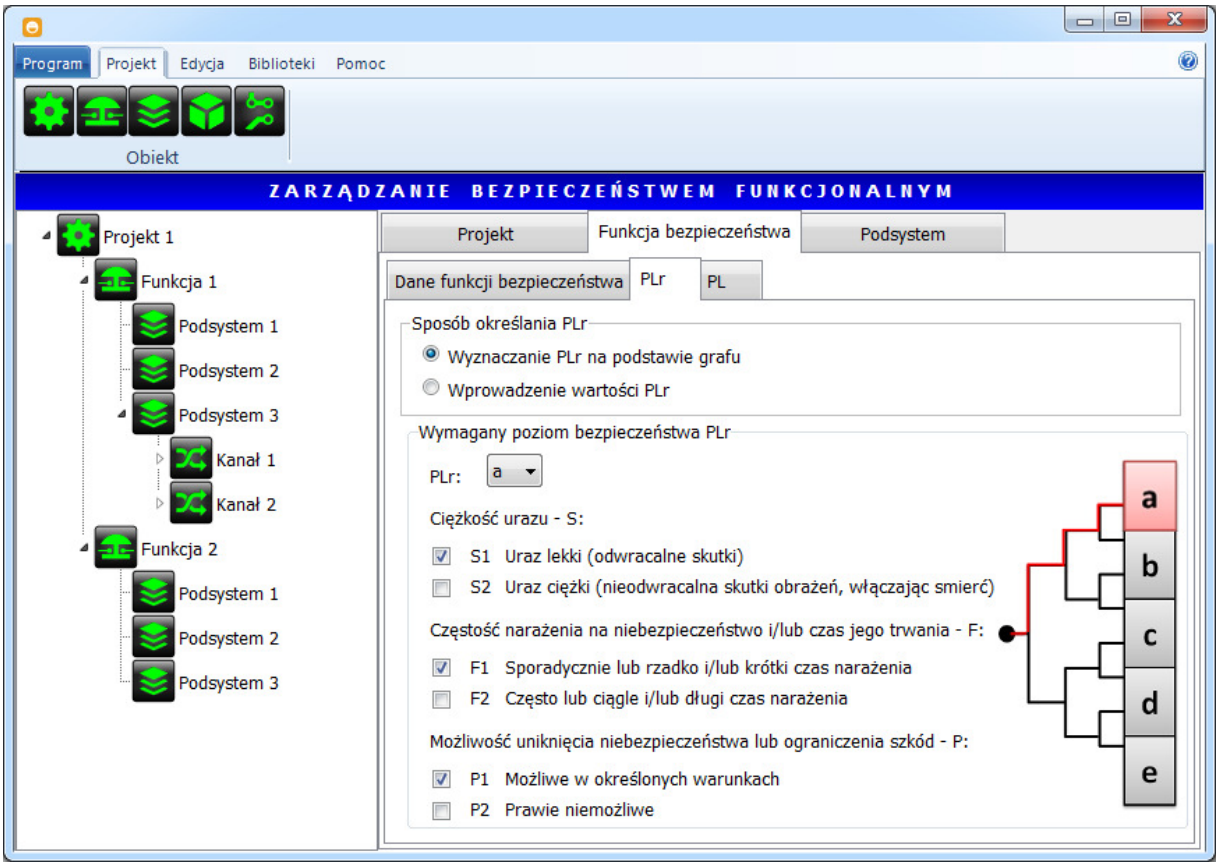
Program wspomaga użytkownika w procesie projektowania systemów zabezpieczających, poprzez prowadzenie krok po kroku specyfikacji struktury systemu bezpieczeństwa oraz dobór komponentów i określenie poziomu bezpieczeństwa, a także przygotowanie raportu dokumentującego bezpieczeństwo maszyny [9].

Oprogramowanie umożliwia:

- modelowanie struktury elementów sterowania związanych z bezpieczeństwem w oparciu o określone architektury (rys. 8 i 9),
- wyznaczenie poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PL) i poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL), zgodnie z normami,
- tworzenie i edycję bibliotek przechowujących charakterystyczne dane dotyczące bezpieczeństwa produktów,
- odnajdywanie podzespołów z wykorzystaniem funkcji wyszukiwania,
- graficzne odwzorowanie wyników,
- archiwizację projektów,
- generowanie raportu końcowego.



Rys. 8. Dane funkcji bezpieczeństwa [9]



Rys. 9. Wyznaczanie wymaganego poziomu bezpieczeństwa na podstawie grafu ryzyka [9]

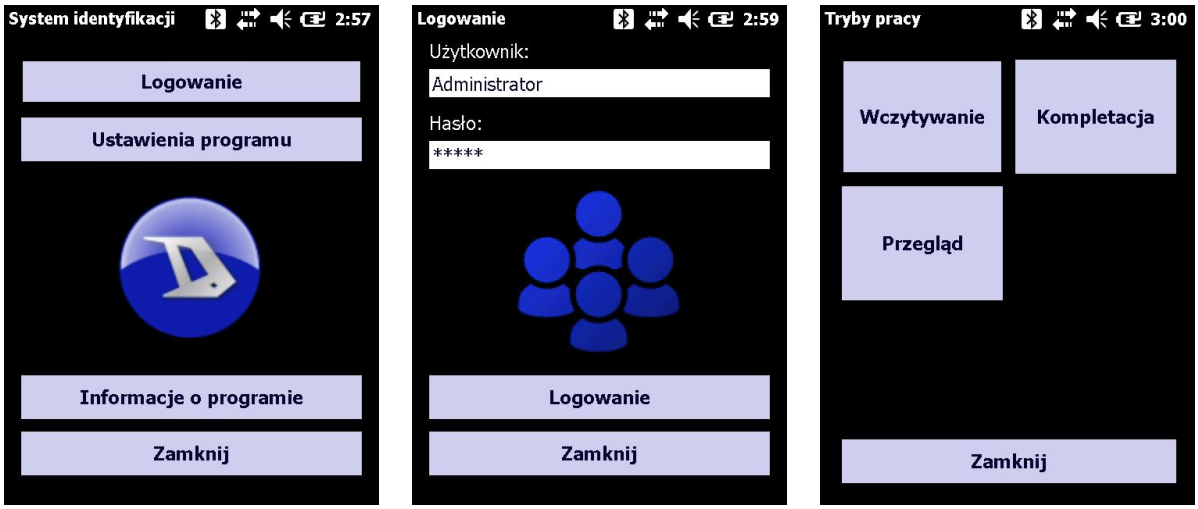
Oprogramowanie to wykorzystywane jest do wyznaczania poziomu SIL lub PL produktów oraz elementów stosowanych w projektowanych systemach. Pozwala również na usprawnienie tego procesu oraz tworzenie repozytorium z danymi, o wartościach niezbędnych parametrów. Narzędzie komputerowe zawiera odpowiednie moduły do prowadzenia projektów analizy bezpieczeństwa funkcjonalnego dla danego obiektu. Oprogramowanie stanowi wsparcie dla projektantów układów sterowania i jest przedmiotem oferty komercyjnej.

5. System elektronicznej identyfikacji elementów maszyn górniczych

„Platformę ewidencji części maszyn" wdrożono w większości kopalń węgla kamiennego oraz w zakładach remontujących i produkujących maszyny górnicze [10, 11]. W wyniku prac realizowanych w ITG KOMAG w 2016 roku opracowano jej nową wersję.

Dokonano modyfikacji umożliwiających zwiększenie efektywności przetwarzania danych i tym samym szybsze działanie oprogramowania. Nowy interfejs użytkownika umożliwia również wygodne zarządzanie strukturą danych maszyn górniczych i ich elementów, poprzez zastosowanie metody „drag&drop". Usprawniony system wymiany danych oraz aplikacje przeznaczone do urządzeń mobilnych, wyposażone w system operacyjny Windows Mobile lub Android, zapewniają możliwość współpracy oprogramowania z nowym typem urządzeń przeznaczonych do odczytu transponderów RFID.

Aplikacje przeznaczone do urządzeń mobilnych realizują funkcjonalność oprogramowania urządzeń przenośnych współpracujących dotychczas z systemem (rys. 10). Instalowanie aplikacji może być przeprowadzone zarówno w urządzeniach przystosowanych do pracy w podziemiach kopalń oraz nowej generacji (typu smartfon).



Rys. 10. Interfejs aplikacji przeznaczonej na urządzenie z systemem Windows Mobile [8]

Powodem działań podjętych w zakresie opracowania nowych rozwiązań programowych była potrzeba dostarczenia użytkownikom systemu bardziej wydajnych narzędzi, dzięki którym prowadzenie gospodarki parkiem maszynowym będzie odbywało się w sposób mniej skomplikowany. Oprogramowanie skierowane jest zarówno do obecnych użytkowników systemu, jak i nowych klientów. Możliwość współpracy oprogramowania z nowym typem sprzętu pozwala na lepsze dostosowanie rozwiązania do bieżących potrzeb użytkowników maszyn górniczych. W ramach przeprowadzanych aktualizacji, nowa wersja „Platformy

ewidencji części maszyn" została dotychczas zainstalowana u dwóch użytkowników systemu, a w najbliższym okresie planowane są kolejne.

6. System wizualizacji pracy osadzarki

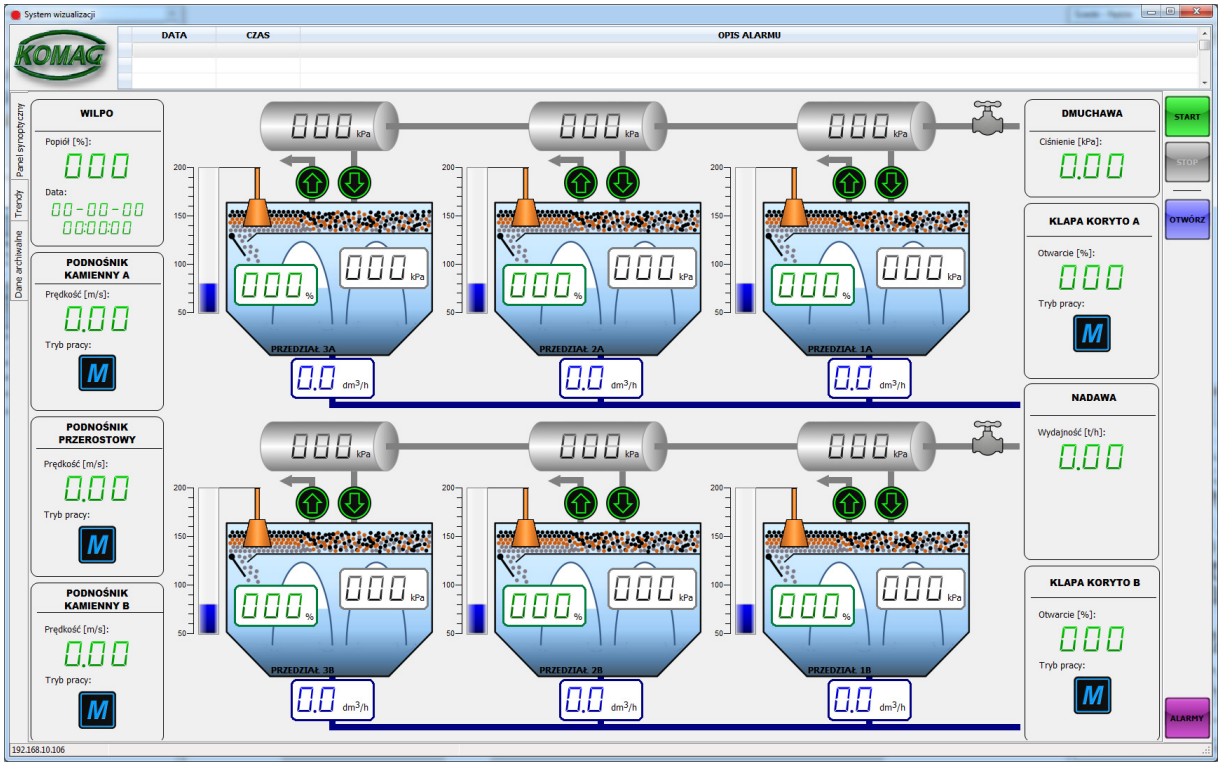
Jakość produktu uzyskiwanego w procesie wzbogacania przeprowadzanego w zakładach przeróbki mechanicznej węgla wymaga coraz częstszego stosowania rozwiązań z szeroko pojętej dziedziny automatyki przemysłowej.

Opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG system sterowania węzła osadzarkowego zapewnia: monitoring pracy i kontrolę prawidłowości jego działania, automatyczne awaryjne wyłączanie oraz zdalne ręczne, sekwencyjne zatrzymywanie i uruchamianie osadzarki oraz urządzeń z nią współpracujących. Praca węzła monitorowana jest przez autorski system wizualizacyjny, pozwalający na pełną kontrolę trendów pochodzących z wszystkich czujników zainstalowanych w systemie i podłączonych do sterownika, m.in. ruchu pływaka, położenia przepustu, położenia progu przelewowego [5].

System sterowania wyposażono w stację operatorską (obejmującą komputer z monitorem), wraz z aplikacją umożliwiającą:

- zdalne dokonywanie zmian nastaw pętli regulacyjnych,
- zdalne dokonywanie zmian podstawowych parametrów procesu,
- sygnalizację alarmową,
- archiwizację parametrów mierzonych,
- generowanie raportów, prezentacji przebiegów czasowych parametrów,
- bieżącą wizualizację pracy osadzarki na ekranie synoptycznym.

Z uwagi na potrzeby użytkowników, w ramach każdego z wdrożeń, system wraz z aplikacją wizualizacyjną dostosowano do indywidualnych potrzeb (rys. 11).



Rys. 11. Główne okna aplikacji wizualizacyjnej dla KWK Sośnica [5]

W ramach prac związanych z realizacją projektu pt. „Modernizacja węzła wzbogacania w osadzarce miałowej, wraz z całkowitą automatyzacją procesu wzbogacania dla KW S.A. Oddział KWK Sośnica" wdrożono system sterowania węzłem osadzarkowym KOGA opracowany w KOMAG-u, którego dystrybutorem jest firma Gabrypol S.A. System steruje pracą dwóch osadzarek miałowych typu OM30, przeznaczonych do trójproduktowego wzbogacania materiału w klasie ziarnowej 20–0 mm [5].

KOGA to innowacyjny system sterowania węzłem osadzarkowym, obejmujący sterowanie osadzarką, urządzeniami doprowadzającymi nadawę i przenośnikami kubełkowymi. Dzięki testom systemu sterowania i wizualizacji pracy węzła osadzarkowego, prowadzonym w warunkach rzeczywistych wprowadzono modyfikacje zwiększające funkcjonalność oferowanego systemu sterowania KOGA, w stosunku do stosowanych obecnie systemów sterowania węzłem osadzarkowym. W ITG KOMAG podejmowane są ponadto kolejne prace mające na celu doskonalenie oferowanego zakładom przeróbczym rozwiązania. Planowana jest m.in. rozbudowa systemu o dodatkowe funkcje sterownicze, w aspekcie kompleksowej automatyzacji pracy węzła osadzarkowego [5].

7. Podsumowanie

Podejmowane W ITG KOMAG prace zmierzają do doskonalenia istniejących rozwiązań oraz poszukiwania nowych możliwości zastosowania technologii informatycznych. W artykule zaprezentowano przykłady rozwiązań wspomagających użytkowników w prowadzeniu prac związanych z efektywnym zarządzaniem parkiem maszynowym oraz siecią elektroenergetyczną w zakładach górniczych. Przedstawiono również przykład systemu wizualizacji, współpracującego z układem sterowania, oraz rozwiązania kierowane do projektantów maszyn i systemów sterowania. Powyższe rozwiązania wdrożono w zakładach górniczych lub w procesie projektowania rozwiązań w Instytucie.

Literatura

[1] Bartoszek S., Jagoda J., Rogala-Rojek J., Jura J., Latos M.**:** Zmodernizowany system monitoringu konstrukcji obiektów wielkopowierzchniowych. Maszyny Górnicze 2013, nr 1, s. 38-43

[2] Holona P. i in.: Automatyzacja pomiarów charakterystyk wentylatorów lutniowych. Opracowanie aplikacji do obsługi pomiarów. ITG KOMAG, Gliwice 2015 (materiały niepublikowane)

[3] Kostka M., Krzak Ł., Gawliński A., Jasiulek D., Latos M., Rogala-Rojek J., Stankiewicz K., Bartoszek S., Jendrysik S., Jura J.: Systemy monitoringu, diagnostyki i sterowania maszyn górniczych. Maszyny Górnicze 2015, nr 3, s. 88-96

[4] Kowol D. i in.: Badania wpływu uziarnienia oraz składu grawimetrycznego klas ziarnowych na wyniki procesu osadzarkowego wzbogacania nadaw węglowych. Opracowanie koncepcji i aplikacji do prognozowania wyników rozdziału nadaw węglowych w procesie osadzarkowego wzbogacania. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały niepublikowane)

[5] Król J., Krzak Ł**.,** Jendrysik S., Stankiewicz K., Woszczyński M.**:** Wdrożenie układu sterowania węzłem osadzarkowym w KWK "Sośnica". W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych: bezpieczeństwo, jakość, efektywność. KOMEKO 2016. ITG KOMAG, Gliwice 2016, s. 227-237

[6] Raport roczny z realizacji projektu międzynarodowego współfinansowanego za rok 2015. Nr umowy: 2929/FBWiS/2013/2. Opracowanie i wdrożenie inteligentnych sieci energetycznych dla górnictwa. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2015

[7] Raport roczny z realizacji projektu międzynarodowego współfinansowanego za rok 2016. Nr umowy: 2929/FBWiS/2013/2. Opracowanie i wdrożenie inteligentnych sieci energetycznych dla górnictwa. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2016

[8] Rogala-Rojek J. i in.: iRIS – System identyfikacji maszyn, urządzeń, środków trwałych oraz transportu. Modyfikacja funkcjonalności platformy PECM systemu iRIS w zakresie możliwości współpracy z nowymi wersjami aplikacji mobilnych. ITG KOMAG, Gliwice 2016. (materiały niepublikowane)

[9] Rogala-Rojek J. i in.: System informatyczny wspomagający proces zarządzania bezpieczeństwem funkcjonalnym. Opracowanie systemu informatycznego wspomagającego proces zarządzania bezpieczeństwem funkcjonalnym. ITG KOMAG, Gliwice 2015. (materiały niepublikowane)

[10] Rogala-Rojek J., Jasiulek D., Mikuła S., Warzecha M.: Efektywne zarządzanie majątkiem przedsiębiorstwa z wykorzystaniem wielozadaniowych terminali mobilnych i systemu iRIS. Materiały na konferencję: XXII Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2013, Kraków, 18-22 lutego 2013, s. 1-29

[11] Rogala-Rojek J., Piecha A.: Innowacyjne podejście do zarządzania maszynami i urządzeniami górniczymi z wykorzystaniem systemu iRIS. Maszyny Górnicze 2015, nr 1, s. 33-38

[12] Stankiewicz K., Jasiulek D., Rogala-Rojek J., Bartoszek S.: Selected, state-of-the art mechatronics systems in Polish underground mining industry. Materiały na konferencję: ISARC 2013, The 30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining, Montreal, 11-15 August 2013, s. 11 nienumerowanych

[13] Suchoń J., Szkudlarek Z., Rogala-Rojek J.: Komputerowe wspomaganie obliczeń parametrów technologicznych górniczych przenośników zgrzebłowych. Maszyny Górnicze 2013, nr 3, s. 34-40

Czy wiesz, że ....

... został opublikowany raport roczny generalnego stowarzyszenia niemieckiego przemysłu węglowego (GVSt). Tegoroczne opracowanie nosi tytuł "Wciąż niezawodny w zmieniającym się świecie", co odzwierciedla nie tylko fakt, że umowy i zobowiązania wszystkich firm związanych z branżą będą zachowane, ale również, że zostaną zdefiniowane tematy i przyszłe zadania związane z likwidacją górnictwa węglowego w Niemczech. Raport koncentruje się na rzeczywistej obecnej sytuacji w niemieckim górnictwie węgla kamiennego oraz opisuje krajowe i globalne środowisko operacyjne. Dużo miejsca poświęca także zmianom w polityce ochrony środowiska i polityce klimatycznej w odniesieniu do górnictwa węgla kamiennego, na tle warunków zarówno krajowych, jak i międzynarodowych. Zgodnie z ustaleniami raportu GVSt, instytucją odpowiedzialną za całość zadań obecnych i przyszłych w niemieckich regionach węglowych jest RAG. Raport można pobrać ze strony internetowej GVSt: www.gvst.de

Mining Report. Glückauf 2016 nr 6 s.538-549

Najważniejsze zmiany wprowadzone w normie ISO 9001:2015

mgr inż. Romana Zając
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

Najistotniejsza norma z obszaru systemu zarządzania jakością w 2015 roku została znowelizowana. Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie wybranych wymagań nowego wydania normy ISO 9001 i informacji o ich wpływie na zarządzanie organizacją.

Abstract:

The most important standard for quality management was novelized in 2015. Delivering the selected requirements of new edition of ISO 9001 Standard as well as information about their impact on managing the organization is the paper objective.

Słowa kluczowe: system zarządzania jakością, ISO 9001:2015, podejście oparte na ryzyku

Keywords: quality management system, ISO 9001:2015, approach based on risk

1. Wprowadzenie

Rynek i rosnąca konkurencja stawia przed każdym przedsiębiorstwem coraz wyższe wymagania, a jakość w konkurencyjnym świecie oznacza konieczność spełnienia, zadeklarowanych i oczekiwanych potrzeb.

Przez wiele lat dominował pogląd, że certyfikat systemu jakości potrzebny jest głównie producentom eksportującym na rynki zachodnie, potem stwierdzono, że certyfikat poprawia wizerunek firmy, jako rzetelnego partnera handlowego działającego zgodnie z wymaganiami międzynarodowych standardów. Praktyka zaktualizowała ten pogląd.

Obecnie certyfikat systemu zarządzania jakością jest praktyką, a wdrożenie systemu zarządzania jakością wynika nie tylko z regulacji prawnych, ale przede wszystkim jest elementem kultury zarządzania.

Jednym z głównych celów normy ISO 9001 jest zapewnienie stabilności i powtarzalności procesów w organizacji, a tym samym zapewnienie powtarzalnej jakości wyrobów lub usług spełniających wymagania Klientów

Norma ta ma również na celu zapewnienie i utrzymywanie ładu organizacyjnego poprzez jednoznacznie określone procedury postępowania oraz przypisane odpowiedzialności i uprawnienia.

Uniwersalność normy sprawia, że może być wykorzystana przez każdy typ organizacji - od producentów, usługodawców, przez urzędy państwowe, po organizacje non-profit. Wymagania ISO 9001 posłużyły też jako podstawa do rozwoju wielu innych branżowych systemów zarządzania np. ISO 14001 (zarządzanie środowiskowe), ISO 22000 (bezpieczeństwo żywności), czy ISO/TS 16949 (motoryzacja).

Pierwsza certyfikacja systemu jakości miała miejsce ponad 25 lat temu, jednak popularność tego standardu nie maleje i na całym świecie organizacje nadal poddają certyfikacji swoje systemy zarządzania.

Według oficjalnych danych *The ISO Survey of Management System Standard Certifications* w 2014 roku na całym świecie funkcjonowało łącznie 1 609 294 certyfikatów

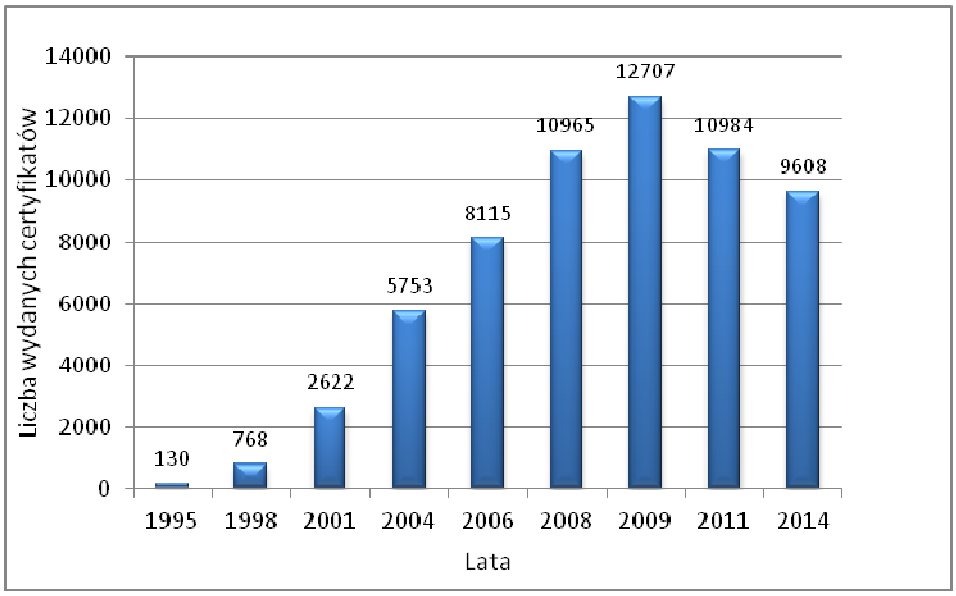
z obszaru systemów zarządzania, z czego w obszarze normy ISO 9001 - 1 138 155 dokumentów. W stosunku do roku 2013 co prawda odnotowano lekki wzrost liczby certyfikatów (1%), jednak analiza danych wskazuje, że w ostatnich latach zauważa się stabilizację w liczbie certyfikowanych systemów zarządzania [4, 5].

Bardziej szczegółowa analiza wskazuje, że w Polsce w 2014 roku działało 9608 organizacji posiadających ważne certyfikaty ISO 9001, jest to jednak znikomy odsetek z ponad dwumilionowej liczby zarejestrowanych w Polsce podmiotów gospodarczych[1].

Dla przykładu w tym samym 2014 roku odnotowano w:

- Republice Czeskiej - 13229 certyfikatów,
- Niemczech - 55363 certyfikatów,
- Wielkiej Brytanii - 40200 certyfikatów.

Ta sama analiza wskazuje, że w Polsce liczba certyfikowanych systemów na przestrzeni ostatnich lat, podobnie jaki wielu innych krajach europejskich spadła, co przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Certyfikowane systemy ISO 9001 w Polsce na przestrzeni 25 lat [4]

Spadku zainteresowania certyfikowaniem systemów zarządzania wg ISO 9001 można się doszukać w kilku przyczynach. Należą do nich [2]:

- pojawienie się dużej liczby norm branżowych, np. ISO 14001, ISO 27001, ISO 22000, ISO 13485, które zawierają w sobie wymagania ISO 9001,
- zmiany w sposobie oceny i nadzoru dostawców, gdzie Klienci często przestają wymagać certyfikatu, gdyż wolą auditować i rozwijać dostawcę we własnym zakresie,
- stopień skomplikowania zapisów wymagań w normach, powodujący często niezrozumienie w organizacjach,
- świadomość, iż posiadanie certyfikatu nie gwarantuje już sukcesu rynkowego,

[1] Szacunkowe dane wskazują, że w Polsce aktywna liczba przedsiębiorców o różnych formach prawnych waha się w przedziale 1,7 mln. do 2,3 mln.

- problemy finansowe firm oraz wysokie koszty certyfikacji, wpływające na rezygnację z procesu oceny przez stronę trzecią,
- obniżenie jakości usług świadczonych przed jednostki certyfikujące, spowodowane rosnącą konkurencją między poszczególnymi jednostkami.

Mimo nieznacznego spadku zainteresowania, systemowe zarządzanie jakością według standardów ISO serii 9000 jest nadal wykorzystywane w organizacjach. Normy te zyskały ogromną popularność i ujednoliciły język jakościowy na całym świecie. Co więcej norma ISO 9001 stała się także modelem odniesienia w zakresie systemu zarządzania dla jednostek certyfikujących.

Pomimo, że aktualnie przedsiębiorstwa nie tylko w Polsce zmagają się z kryzysem, który wymusza na nich konieczność modyfikacji obszarów biznesu oraz stylu organizacji pracy, to zarządzanie jakością jest nadal narzędziem wzrostu efektywności gospodarowania i dotyczy zarówno efektywności ekonomicznej, jak i techniczno-organizacyjnej.

Zbudowanie, a następnie poddanie certyfikacji systemu zarządzania jakością jest zawsze dla organizacji dużym wysiłkiem gdyż wiąże się on zarówno z przemianami strukturalnymi, jak i ekonomiczno-technicznymi. Jest to jednak inwestycja niezbędna, z której nie można zrezygnować, gdyż system zarządzania jakością:

- stanowi narzędzie podziału i uporządkowania całego obszaru zarządzania i uregulowanie granic zadań, kompetencji i odpowiedzialności,
- ustala reguły pracy i wymagania stawiane procesom,
- służy utrzymaniu dotychczasowych Klientów oraz zdobyciu nowych,
- poprawia możliwość dostępu do rynku i pozwala zyskać przewagę konkurencyjną.

Praktyka wskazuje, że system taki wpływa na:

- usprawnienie obiegu informacji, niezbędnego do podejmowania trafnych decyzji,
- jasny podział kompetencji i odpowiedzialności oraz rozwój pracowników,
- efektywność organizacyjną i przystosowuje system organizacyjny do lepszego zarządzania,
- jakość wyrobu na każdym etapie jego tworzenia,
- dostosowanie się do specyficznych wymagań Klienta,
- stworzenie podstaw gwarancji wysokiej jakości wyrobów i usług.

2. Etapy zmian w normach ISO serii 9000. Geneza norm jakościowych

Pierwsza norma z rodziny ISO serii 9000 została opublikowana ponad 25 lat temu. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna opracowała i opublikowała w 1986 roku normę ISO 8402 *Jakość. Terminologia.* Rok później opublikowano trzy wiodące normy: ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 przedstawiające trzy modele systemu zapewniania jakości. Najbardziej rozbudowany model ISO 9001:1987 *Systemy jakości - Model zapewnienia jakości w projektowaniu, pracach rozwojowych, produkcji, instalowaniu i serwisie* bazował na dwudziestu elementach tworzących system jakości w organizacji i uwzględniał wszystkie etapy procesu wytwarzania wyrobu od projektowania wyrobu lub obsługę serwisową po jego sprzedaż. Norma ta była najbardziej restrykcyjna i określała ściśle, gdzie oraz w jakim

obszarze, powinny funkcjonować udokumentowane procedury bądź powinny być tworzone zapisy [1].

Od momentu powstania ISO 9001 miało miejsce kilka nowelizacji. Norma ewoluowała, aby dostosować się do nowych wymagań rynku i zmieniających się trendów w zarządzaniu. W 1994 roku dokonano pierwszej nowelizacji norm, nie wprowadzając większych zmian w wymaganiach.

W 2000 roku przeprowadzono kolejną nowelizację, tym razem dokonując zasadniczych zmian w strukturze norm. Wycofano normy ISO 8402, 9002 i 9003; poszczególne modele SZJ opisane przez normy ISO 9001, ISO 9002 i ISO 9003 zastąpiono jednym modelem (opisanym w ISO 9001:2000), który można było dostosować do wybranej organizacji poprzez dokonanie wyłączeń.

Po raz pierwszy zastosowano także podejście procesowe. Nowa norma wprowadziła osiem zasad zarządzania jakością, na podstawie których budowane powinny być wszystkie systemy i co ważne ograniczyła listę wymaganych dokumentów, zmniejszając liczbę procedur, które musiały zostać opracowane.

Kolejna nowelizacja normy ISO 9001 dokonana w 2008 roku wprowadziła zaledwie drobne uzupełnienia, nie wpływające na wymagania zasadnicze, co wywołało szereg krytycznych uwag ze strony użytkowników, którzy zauważali potrzebę merytorycznych zmian w standardzie. Głównym założeniem zmian była konieczność większej integracji normy ISO 9001 z innymi standardami dotyczącymi systemów zarządzania oraz uzupełnienie wymagań o kwestie dotyczące zarządzania współczesną organizacją, na przykład zarządzanie ryzykiem.

3. Zakres zmian w nowym wydaniu normy ISO 9001:2015

Rozpoczęta w 2012 roku, a zakończona w 2015 roku nowelizacja normy ISO 9001 miała na celu [3]:

- opracowanie na tyle ogólnej normy, aby mogła być stosowana przez każdą organizację, niezależnie od branży czy sektora,
- utrzymanie silnego nacisku na skuteczne zarządzanie procesami,
- zastosowanie jednolitej struktury, podstawowych definicji w celu zapewnienia zgodności strukturalnej z innymi normami dotyczącymi zarządzania,
- uproszczenie trybu wdrażania i oceny zgodności,
- uproszczenie sformułowań w celu zapewnienia wzajemnego zrozumienia i spójnej interpretacji wymagań, a tym samym opisanie wymagań standardu prostym językiem i zapewnienie odpowiedniej interpretacji.

Ustanowiona w październiku 2015 roku norma ISO 9001 wykorzystuje powszechnie stosowaną zasadę cyklu Deminga (PDCA), będącą podstawą wszystkich norm dla systemów zarządzania, publikowanych przez ISO. W stosunku do normy z 2008 roku zmieniono jej strukturę. Tabela 1 dokonuje porównania układu obu wydań norm.

Porównanie struktury normy ISO 9001 z 2008 oraz 2015 roku [2]

Tabela 1

ISO 9001:2008	ISO 9001:2015
1. Zakres normy 2. Powołania normatywne 3. Terminy i definicje	1. Zakres 2. Powołania normatywne 3. Terminy i definicje
4. System zarządzania jakością 5. Odpowiedzialność kierownictwa 6. Zarządzanie zasobami	4. Kontekst organizacji 5. Przywództwo 6. Planowanie 7. Wsparcie
7. Realizacja wyrobu	8. Działania operacyjne
8. Pomiary, analiza i doskonalenie	9. Ocena efektów działalności 10. Doskonalenie

Nowa norma składa się z 10 rozdziałów, z czego pierwsze trzy są wprowadzeniem do treści, natomiast kolejne siedem rozdziałów dotyczy wymagań Systemu Zarządzania Jakością [2, 6].

W normie ISO 9001:2015 zauważa się mocniejszy nacisk na kontynuowanie podejścia procesowego. Zachodzi konieczność ustalenia przez organizację: opisu procesów, danych wejściowych, wyjściowych procesu i powiązań z innymi procesami.

Poziom szczegółowości udokumentowania każdego procesu należy do uznania organizacji w zależności od złożoności procesów lub kompetencji pracowników.

W rozdziale 4 **„Kontekst organizacji”**:

Pojawia się nowe określenie i wymaganie dotyczące „biznesowego środowiska” organizacji. Oczekuje się, aby organizacja uwzględniała potrzeby otoczenia biznesowego, szczególnie w kontekście jego wpływu na prowadzoną działalność i planowane osiąganie wytyczonych celów. Podkreślono potrzebę identyfikacji i zdefiniowania zainteresowanych stron oraz ich wymagań, co pozwoli poznać źródła mocnych i słabych stron organizacji.

W rozdziale tym pojawiło się nowe wymaganie dotyczące zarządzania ryzykiem, które jest następnie powtarzane w kolejnych częściach normy. W tym kontekście pojawia się nowy wymóg identyfikowania zagrożeń i możliwości, które potencjalnie mogą wpływać na funkcjonowanie i wyniki systemu zarządzania jakością.

W rozdziale 5 **„Przywództwo”**:

Wzmocniono wymaganie dla najwyższego kierownictwa w odniesieniu do przywództwa i szczególnego zaangażowania, w tworzenie i nadzór systemu zarządzania. Mocniej powiązano system zarządzania ze strategią i procesami biznesowymi organizacji. Usunięto wymaganie formalnego powoływania Pełnomocnika, pozostawiając decyzję najwyższemu kierownictwu, kto będzie zarządzał systemem zarządzania jakością w organizacji. Ponieważ w większości przypadków przedstawiciel kierownictwa jest również osobą zarządzającą systemem, w praktyce zmiana ta ma niewielkie znaczenie.

W rozdziale 6 **„Planowanie”**:

Przedstawiono wymóg, aby tworzony system zarządzania jakością, uwzględniał zagrożenia i szanse, do których należy się odnieść.

Planowanie powinno obejmować również cele jakościowe, które powinny być spójne z polityką jakości oraz powinny zawierać odniesienie, kto będzie odpowiedzialny za ich realizację oraz sposób w jaki będą oceniane wyniki.

W rozdziale 7 **„Wsparcie”**:

Ujęto większość wymagań z poprzedniego wydania normy, ale dokonano również szeregu istotnych zmian. Zawarto wymagania dotyczące: infrastruktury, środowiska niezbędnego dla funkcjonowania procesów, kompetencji, świadomości oraz komunikacji.

Dodano nowy wymóg dotyczący „wiedzy organizacji", która może być oparta na:

- źródłach wewnętrznych (np. własność intelektualna, wiedza wynikająca z doświadczenia, wiedza wyniesiona z błędów lub projektów zakończonych sukcesem, czy wyniki doskonalenia procesów, wyrobów i usług),
- źródłach zewnętrznych (np. normy, publikacje i prace naukowe, konferencje, wiedza pozyskana od klientów i dostawców zewnętrznych).

Zmieniono także wymagania dotyczące „monitorowania i pomiarów”. Najistotniejszą zmianą jest wprowadzenie wymagania dotyczącego zapewnienia spójności pomiarowej w miejsce „wiarygodnych wyników”, co w przypadku powiązań z innymi systemami zarządzania (np. ISO/IEC 17025) stanowi ujednolicenie pojęć.

Istotną zmianą w nowym wydaniu normy jest zastąpienie sformułowań „udokumentowana procedura” i „zapis”, stosowanych w ISO 9001:2008, pojęciem „udokumentowana informacja”. Spowodowało to, że o ile w poprzednim wydaniu wymagano udokumentowanej: Księgi Jakości, Polityki Jakości, sześciu procedur, a także kilkunastu zapisów, to w nowej normie wprowadzono pojęcie „udokumentowanej informacji”.

Obecnie układ i zawartość opracowywanej dokumentacji systemu zarządzania jakością nie jest wynikiem zapisów normy, ale będzie stanowiło efekt pracy każdej organizacji, która będzie miała większą swobodę w decydowaniu, jakie udokumentowane informacje będą dla niej ważne i użyteczne. Nowa norma bowiem nie narzuca posiadania określonych procedur, na rzecz dokumentowania procesów.

W rozdziale 8 **„Działania operacyjne”**:

Ujęto wszystkie wymagania dotyczące procesów tworzenia produktów lub usług obejmujących: planowanie, określenie wymagań produktu, projektowanie i rozwój, produkcję, akceptację produktów i niezgodności procesów wyjściowych, produktów i usług.

Podkreślony jest wyraźnie nadzór nad procesami, wyrobami i usługami dostarczanymi z zewnątrz.

Wymagania uwzględniają takie aspekty, jak:

- komunikacja z klientem,
- przegląd wymagań dotyczących wyrobów i usług,
- projektowanie i rozwój wyrobów i usług,
- nadzór nad procesami, wyrobami i usługami dostarczanymi z zewnątrz,
- produkcja i dostarczanie usługi.

Zwiększono nacisk na nadzór nad procesami realizowanymi na rzecz organizacji przez podmioty zewnętrzne.

W rozdziale 9 „**Ocena efektów działania”**:

Wzmocnione zostały wymagania względem monitorowania i pomiarów. W myśl tych wymagań organizacja powinna określić: co należy monitorować i mierzyć, jakimi metodami oraz w jakim czasie. Wyniki prowadzonych analiz powinny być wykorzystywane do oceny:

- zgodności wyrobów i usług,
- stopnia zadowolenia klienta,
- efektów działań i skuteczności systemu zarządzania jakością,
- czy planowanie zostało skutecznie wdrożone,
- skuteczności działań podjętych w celu uwzględnienia zagrożeń i szans,
- wyników działania zewnętrznych dostawców,
- potrzeby doskonalenia systemu zarządzania jakością.

Do narzędzi wspierających ocenę efektów działania należy zaliczyć pomiar zadowolenia klienta, audity wewnętrzne oraz **przegląd zarządzania,** który został rozszerzony o aspekty „strategii organizacyjnej”, konieczność uwzględnienia oczekiwań zainteresowanych stron, jak również oceny ryzyk i szans na poziomie strategicznym.

W rozdziale **10 „Doskonalenie”**:

Zdefiniowano działania obejmujące doskonalenie wyrobów i usług oraz korygowanie, zapobieganie lub ograniczanie niepożądanych skutków.

W normie ISO 9001:2015 nie zawarto terminu „działania zapobiegawcze” (system zarządzania powinien być działaniem zapobiegawczym).

W nowej normie narzędziem zapobiegawczym staje się podejście oparte na zarządzaniu ryzykiem, co podkreślane jest w wielu miejscach normy.

Norma, choć stawia wymagania w zakresie konieczności identyfikacji zagrożeń i podejmowania działań korygujących, nie zawiera jednak wymagania w zakresie ustandaryzowanego zarządzania ryzykiem.

4. Podsumowanie

We wrześniu 2015 r. wydano znowelizowaną normę ISO 9001. Od tego momentu obowiązuje trzyletni okres przejściowy, do końca którego organizacje posiadające certyfikat systemu zarządzania jakością powinny dostosować się do nowych wymagań.

Norma uległa poważnym zmianom wynikającym między innymi z wprowadzenia nowego układu wymagań. Nawet w przypadkach zachowania wymagań są one przeniesione do innych punktów normy. Norma ISO 9001:2015 zawiera szereg wymagań bazujących na ocenie ryzyka. Nie traktuje ryzyka jako pojedynczego elementu systemu zarządzania, lecz przyjmuje podejście systemowe, w którym organizacja analizując swoje otoczenie, analizuje zagrożenia i szanse. Norma wymaga, aby organizacja określiła, co w zewnętrznym i wewnętrznym otoczeniu jest ważne dla realizacji jej celów, strategii oraz osiągania zamierzonych efektów w systemie zarządzania jakością.

Do zewnętrznego otoczenia zaliczyć można m.in. czynniki: kulturowe, społeczne, polityczne, prawne, finansowe, technologiczne, ekonomiczne, środowiskowe. Organizacja

powinna monitorować zmiany zachodzące w otoczeniu, a także brać pod uwagę relacje z zewnętrznymi interesariuszami.

Kontekst wewnętrzny organizacji stanowią m.in.: struktura organizacyjna, podział zadań, strategia i cele, potencjał organizacji (techniczny, ludzie, zasoby, wiedza, itp.), relacje z wewnętrznymi interesariuszami, stosowane normy i standardy, kontrakty biznesowe.

Należy podkreślić, że organizacje, które posiadają wdrożony system zarządzania jakością wg podejścia procesowego nie muszą zmieniać całej dokumentacji systemowej.

Zalecane są jednak następujące działania:

- analiza zawartości i wymagań nowej normy, a szczególnie:
  - przeanalizowanie zagrożeń jakim podlega organizacja i podjęcie stosownych działań minimalizujących ryzyko ich wystąpienia,
  - zrozumienie kontekstu organizacji i jej otoczenia,
  - zwiększenia nacisku na cele organizacji oraz ukierunkowanie na sposób ich osiągnięcia,
- identyfikacja luk w organizacji, w których należy spełnić nowe wymagania oraz sporządzenie planu wdrożeń zmian,
- aktualizacja systemu zarządzania o zmienione wymagania oraz weryfikacja skuteczności wprowadzonych zmian,
- przeprowadzenie odpowiednich szkoleń.

Niewątpliwie normę ISO 9001 charakteryzują spójne słownictwo, identyczne tytuły podrozdziałów w odniesieniu do tworzonych norm z zakresu jakości; jednak zastosowany w niej język nie jest przyjazny i łatwy w zrozumieniu.

Mimo podjętych prób norma, według oceny autorki artykułu, zawiera wiele sformułowań trudnych do zinterpretowania szczególnie przez osoby po raz pierwszy podejmujące wysiłek budowania systemu jakości.

Równolegle z wydaniem normy ISO 9001 pojawiła się również norma *ISO 9000:2015 Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia*, w której opisano podstawowe pojęcia i zasady zarządzania jakością, które mają zastosowanie we wszystkich normach zarządzania jakością i dotyczących systemów zarządzania jakością opracowanych przez ISO/TC 176.

Wydaje się jednak, że zaprezentowane w normie ISO 9001:2015 podejście do systemu zarządzania jakością nie w pełni zadowoli organizacje potencjalnie zainteresowane wdrożeniem tego systemu w swoich przedsiębiorstwach.

Literatura

[1] Hamrol A., Mantura W.: Zarządzanie Jakością. Teoria i Praktyka, PWN, Warszawa 2002

[2] http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref2014 (16 września 2016 r.)

[3] http://www.iso.org/iso/iso-survey (16 września 2016 r.)

[4] http://www.iso.org/iso/iso_survey_executive-summary.pdf?v2014 (16 września 2016 r.)

[5] http://www.iso.org/iso/iso_9001_-_moving_from_2008_to_2015.pdf (16 września 2016 r.)

[6] http://www.pkn.pl/sites/default/files/iso9001_ost.pdf (6 października 2016 r.)