

## PROJEKT ZMODERNIZOWANEJ KABINY OPERATORA KOPARKI KOŁOWEJ KWK 1500.1

## DESIGN OF UPGRADED OPERATOR CAB OF BUCKET WHEEL EXCAVATOR KWK 1500.1

Tadeusz Lewandowski, Wiktor Słomski – Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn, Politechnika Wroclawska

*W artykule przedstawiono efekty projektowania i wdrożenia zmodernizowanej kabiny operatora koparek kołowych pracujących w kopalniach odkrywkowych. Jest to wersja kabiny wyposażona w nowoczesny układ przygotowania sprężonego powietrza z wykorzystaniem sprężarki śrubowej.*

*In the paper the effects of the design and implementation of a modernized cab of the bucket wheel excavator working in open-pit mines were presented. This version of the is equipped with a modern compressed air preparation system with the use of a screw compressor.*

Od 2001 roku prowadzony jest w PGE GiEK Oddział KWB Turów program modernizacji-wymiany kabin operatorów maszyn podstawowych górnictwa odkrywkowego, przede wszystkim koparek kołowych. Opracowany w ramach wspólnego projektu KWB Turów i Politechniki Wrocławskiej projekt nowoczesnej kabiny operatora głównego i operatora przesypu opiera się na założeniu zapewnienia wysokiego komfortu i ergonomii warunków pracy operatorów maszyn (rys. 1). Obszary, na których skupiono główną uwagę projektantów to maksymalna wibroizolacja drgań generowanych w procesie urabiania, zapewnienie wysokiego poziomu komfortu klimatycznego oraz ergonomia stanowiska pracy.

Cele zrealizowano m.in. poprzez zastosowanie:

- pneumatycznego układu wibroizolacji drgań pod kabiną z funkcją samopoziomowania, zaprojektowanego na bazie bardzo odpornych na warunki pracy elementów stosowanych w układach zawieszonych samochodów ciężarowych i autobusów,
- wydajnego układu ogrzewania i chłodzenia wnętrza kabiny,
- dużych powierzchni przeszklonych, automatycznych układów oczyszczania szyb zapewniających bardzo dobrą widoczność i obserwowalność procesu roboczego ze stanowiska operatora,
- optymalnego rozplanowania wnętrza kabiny w celu zapewnienia wysokiego poziomu ergonomii warunków pracy.

W czasie realizacji projektu przeprowadzono pełny proces projektowania wirtualnego na modelach komputerowych od modelowania w zakresie geometrycznym, poprzez analizy parametrów masowych i geometrycznych, badania kolizji w pełnym zakresie, po badania symulacyjne pracy pneumatycznego układu wibroizolacji kabiny.

W okresie od 2001 do 2014 roku zaprojektowano, wykonano i wdrożono do eksploatacji 20 kabin dla koparek kołowych pracujących w KWB Turów oraz 3 kabiny dla innych kopalni węgla brunatnego w Polsce. Projekt każdej z kabin bazował na rozwiązaniach podstawowych opracowanych na początku cyklu wdrożenia projektu wymiany ale ze względu na specyfikę każdej z maszyn, rozwój techniki i technologii, dostępność nowych materiałów i komponentów wprowadzanych na rynek

oraz wymagań użytkownika maszyn rozwiązania techniczne zastosowane w każdej z kabin różnią się między sobą i ewoluują w kierunku polepszenia parametrów technicznych użytkowych i eksploatacyjnych oraz kosztowych produktu końcowego.

Ostatnia kabina operatora zaprojektowana, wyprodukowana i wdrożona do eksploatacji na koparce KWK 1500.1 – K18 w KWB Turów w 2013 roku charakteryzuje się najwyższym poziomem technicznym ze wszystkich dotychczas wdrożonych kabin operatorów koparek kołowych.

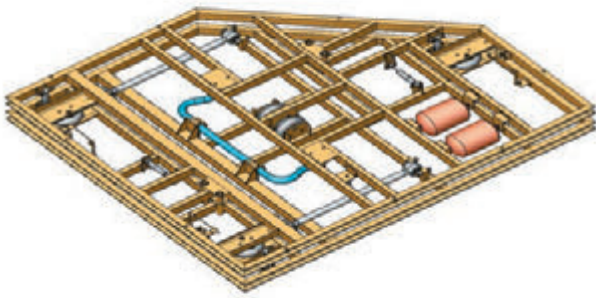
Główna idea projektu kabin w obszarze układu wibroizolacji pozostała nie zmieniona. Pod kabiną montowany jest układ dwóch ram pośrednich, górna mocowana do kabiny a dolna do podestu koparki, pomiędzy którymi pracuje pneumatyczny układ wibroizolacji z automatycznym układem poziomowania kabiny (rys. 2).

Najważniejsze podzespoły i elementy układu to (rys. 2):

- układ odpowiedzialny za izolację i tłumienie drgań pionowych kabiny to zespół trzech sprężyn pneumatycznych (miechy jednofałdowe) i tłumików pionowych wraz z automatycznym układem sterowania ilością powietrza w sprężynie, indywidualnym dla każdej ze sprężyn (rys.



Rys. 1. Kabina operatora koparki KWK 1500.1–K18 dla PGE GiEK Oddział KWB Turów



Rys. 2. Podkabinowy układ wibroizolacji kabiny operatora koparki – model 3D

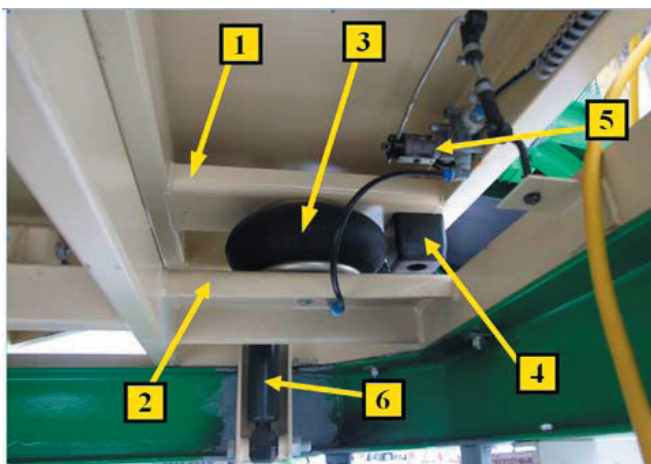
3). Takie rozwiązanie zapewnia także realizację funkcji poziomowania kabiny i sterowania wysokością układu,

- układ odpowiedzialny za izolację i tłumienie drgań poziomych bocznych (poprzecznych) kabiny to zespół dwóch przeciwobnych sprężyn pneumatycznych (miechy jednofałdowe) i tłumików pionowych,
- układ prowadzenia i utrzymania kabiny we właściwej pozycji względem konstrukcji podestu, przenoszący obciążenia w kierunku wzdłużnym (oś wysięgnika) to zespół dwóch drążków prowadzących z przegubami elastomerowymi tłumiącymi drgania skrętne i wzdłużne,
- układ zmniejszający amplitudę kołysań bocznych kabiny to drążek skrętny (stabilizator) mocowany przegubowo i wieszakowo do ram układu,
- układ bezpieczeństwa, którego zadaniem jest umożliwienie pracy maszyny w przypadku awarii pneumatycznego układu wibroizolacji (odboje elastomerowe i stalowe drążki bezpieczeństwa).

Istotną nowością wprowadzoną w kabinie koparki K18 jest zastosowanie sprężarki śrubowej (zamiast tłokowej stosowanej w poprzednich kabinach) w układzie przygotowania sprężonego powietrza dla pneumatycznego układu wibroizolacji.

Jest to rozwiązanie, które:

- zapewnia wysoka kulturę pracy układu przygotowania sprężonego powietrza (niska emisja hałasu i drgań),
- podnosi kilkukrotnie trwałość sprężarki,



Rys. 3. Układ wibroizolacji kabiny – główny pionowy moduł sprężysto-tłumiący: 1 – rama górna; 2 – rama dolna; 3 – sprężyna pneumatyczna pionowa; 4 – odbój pionowy; 5 – zawór poziomujący sprężyny pneumatycznej pionowej; 6 – tłumik pionowy

a wymagało od autorów projektu:

- przeprojektowania układu przygotowania sprężonego powietrza,
- zaprojektowania układu zapewnienia wymaganego zakresu temperatur pracy sprężarki.

### Projekt instalacji przygotowania sprężonego powietrza dla pneumatycznego układu wibroizolacji kabiny

Instalacja pneumatyczna w kabinie operatora służy do przygotowania i rozprowadzenia sprężonego powietrza do pneumatycznych elementów układu wibroizolacji kabiny. Po wykonaniu przez producenta kabiny odpowiednich czynności regulacyjnych układ pneumatyczny jest praktycznie bezobsługowy (w sensie ustawiania parametrów pracy dokonywanych przez użytkownika).

W skład układu przygotowania sprężonego powietrza dla pneumatycznego układu wibroizolacji kabiny wchodzi (lokalizacja układu na kabinie – szafa techniczna) – rys. 4:

- sprężarka śrubowa RENNEN RSR 1,85-7,5-400V (poz. 1 – rys. 4),
- układ grzałek RITTAL (poz. 2 – rys. 4) wraz z regulatorem (poz. 3) do utrzymania minimalnej temperatury wnętrza szafy na poziomie  $-5^{\circ}\text{C}$  – warunek prawidłowej pracy sprężarki przy ujemnych temperaturach otoczenia,
- układ osuszania powietrza
  - 1-komorowy osuszacz powietrza WABCO (poz. 4 – rys. 4)
  - zbiornik regeneracyjny WABCO, (poz. 5 – rys. 4)
  - zawór magnetyczny sterowania regeneracją osuszacza WABCO (poz. 6 – rys. 4)
  - zawór redukcyjny G1/4 0,5-8 bar seria Futura (FU 7408) – do regulacji ciśnienia powietrza w sprężynach poprzecznych (poz. 7 – rys. 4).

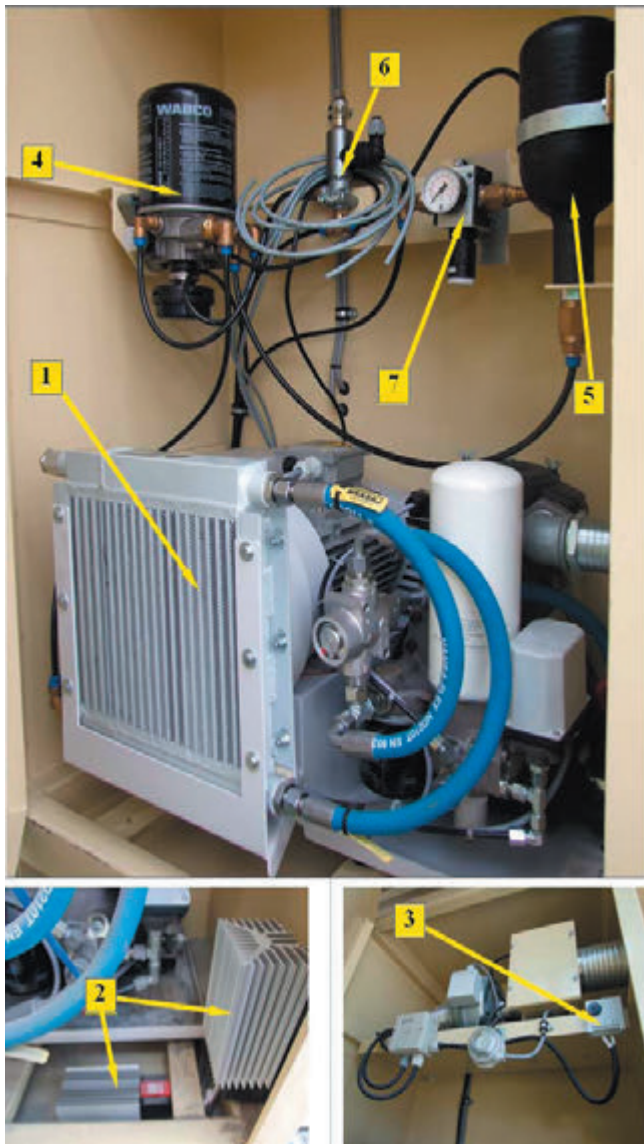
Instalację pneumatycznego układu wibroizolacji kabiny tworzą: (lokalizacja elementów – podkabinowy układ wibroizolacji – rys. 5):

- sprężyny pneumatyczne PHOENIX SP1B12 (5 szt. rys. 2, 3, 5),
- zawory poziomujące WABCO (3 szt.) – do regulacji ilości powietrza w sprężynach pionowych, (poz. 5 – rys. 5),
- zbiornik powietrza POLMO S.A. o poj. 10 [dm<sup>3</sup>] (poz. 1 – rys. 5), wyposażony w czujnik spadku ciśnienia WABCO, (poz. 2 – rys. 5) oraz automatyczny odwadniacz WABCO.

### Projekt układu regulacji temperatury pracy sprężarki śrubowej

Jednym z problemów do rozwiązania w przypadku zastosowania sprężarki śrubowej jest zapewnienie jej właściwych termicznych warunków pracy. Wymagania dla tego typu urządzeń są takie, że powinny pracować w przedziale temperatur otoczenia od  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$ . Biorąc pod uwagę warunki pracy kabiny koparki w terenie otwartym przyjmuje się, że temperatury otoczenia wahają się w przedziale od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$  przy czym należy uwzględnić dodatkowy wzrost temperatury w wyniku promieniowania słonecznego.

Cały układ przygotowania sprężonego powietrza dla instalacji pneumatycznej, w tym sprężarkę śrubową zlokalizowano w szafie technicznej umieszczonej na tylnej ścianie kabiny (rys. 6).



Rys. 4. Układ przygotowania sprężonego powietrza dla pneumatycznego układu wibroizolacji kabiny

Sprężarka pracuje w przestrzeni zamkniętej, która w wyniku wymiany ciepła z otoczeniem:

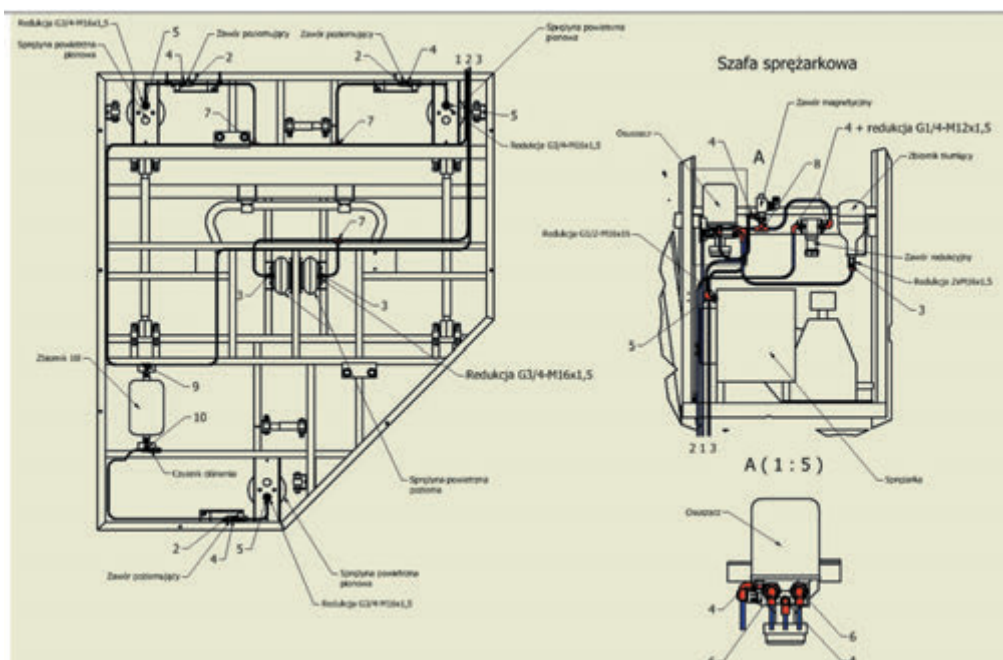
- w porze zimowej schładza się do niskich temperatur, szczególnie w czasie przerw w pracy maszyny – konieczność ogrzewania wnętrza szafy technicznej
- w porze letniej nagrzewa się do wysokich temperatur przede wszystkim w wyniku promieniowania słonecznego – konieczność schładzania wnętrza szafy technicznej.

Przeprowadzono obliczenia bilansu cieplnego wnętrza szafy technicznej przy założeniach:

- stan ustalony procesu wymiany ciepła w układzie: szafa techniczna-otoczenie – założenie przyjęto ze względu na charakter pracy maszyny (ruch ciągły z przerwami technicznymi),
- braku wewnętrznych źródeł ciepła w szafie, co oczywiście nie jest prawdą w normalnych warunkach ruchu ciągłego, ale jako najbardziej niekorzystny przypadek przyjęto stan rozruchu maszyny po kilkugodzinnym postoju (przerwa w pracy) w niskich temperaturach – zagrożenie uszkodzenia sprężarki w czasie rozruchu układu.
- zachodzą wszystkie rodzaje wymiany ciepła, w tym promieniowanie słoneczne w czasie wysokich temperatur otoczenia.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń dla ww. skrajnych przypadków termicznych zaproponowano następujące rozwiązanie układu regulacji temperatury przestrzeni pracy sprężarki śrubowej – szafa techniczna:

- a) zastosowano układ ogrzewania w sezonie zimowym bazujący na grzałkach technicznych firmy Rittal o łącznej mocy 1200 W (rys. 7 – poz. 2)
- b) do chłodzenia sprężarki w okresie letnim można wykorzystać klimatyzator zabudowywany standardowo na tylnej ścianie kabiny obok szafy technicznej, który służy do schładzania wnętrza kabiny w okresie letnim. Z przeprowadzonych obliczeń bilansu cieplnego wynika, że moc chłodnicza klimatyzatora jest wystarczająca do dodatkowego chłodzenia wnętrza szafy technicznej. Modyfikacja układu polega na zabudowaniu dodatkowego kanału bocznego nadmuchu



Rys. 5. Schemat instalacji pneumatycznej kabiny operatora koparki KWK 1500.1



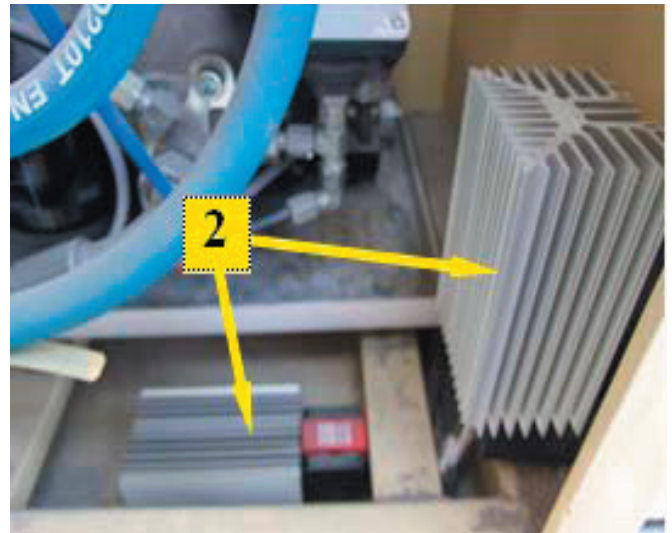
Rys. 6. Szafa techniczna na tylnej ścianie kabiny

powierza z klimatyzatora sterowanego przepustnicą mechaniczną sprzężoną z układem wykonawczym (siłownik pneumatyczny) sterowanym z układu podstawowego sterowania temperaturą wnętrza szafy,

- c) zaprojektowano algorytm działania i układ sterowania urządzeniami grzewczymi i przepustnicą chłodzenia z wykorzystaniem:
- termoelektrycznego czujnika do pomiaru temperatury w szafie technicznej,

#### Literatura

- [1] Staniszewski B., *Wymiana ciepła podstawy teoretyczne*, Warszawa 1980, PWN



Rys. 7. Układ ogrzewania przestrzeni pracy sprężarki śrubowej 2 – grzałki firmy Rittal

- sterownika PLC,
- osprzętu elektrycznego.

Za sterowanie układem odpowiada sterownik PLC. Po włączeniu zasilania przez operatora sterownik otrzyma sygnał od czujnika z wartością temperatury w szafie. Zgodnie z algorytmem sterownik poda sygnał do grzałek lub siłownika przepustnicy układu klimatyzacji. Sterownik PLC steruje też załączeniem sprężarki po zapewnieniu wymaganego przedziału temperatury przestrzeni w szafie.

#### Podsumowanie

W pracy przedstawiono efekty wdrożenia zmodernizowanej kabiny operatora głównego koparek kołowych pracujących w kopalniach odkrywkowych. W tej wersji kabiny zastosowano nowoczesny układ przygotowania sprężonego powietrza dla układu wibroizolacji kabiny. Zastosowano sprężarkę śrubową, która wymaga określonych termicznych warunków pracy dlatego wystąpiła potrzeba zaprojektowania nowego układu pneumatycznego, wzbogaconego o system ogrzewania (warunki zimowe) lub chłodzenia (warunki letnie) przestrzeni, w której pracuje sprężarka. Zaprojektowano automatyczny system regulacji temperatury powietrza.