



<https://doi.org/10.32056/KOMAG/KOMTECH2021.17>

Koncepcja systemu zabezpieczania węgla przed pyleniem w trakcie transportu kolejowego

Michał Siegmund – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Domink Bałaga – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Marek Kalita – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Sebastian Jendrysik – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie: Podczas transportu kolejowego węgla bezpowrotnie tracone jest 0,5-1,5% masy. Corocznie, na terenie RP transportuje się ok. 50 mln ton węgla kamiennego. Z analizy literaturowej wynika, że ubytek objętościowy węgla w trakcie transportu jest na tyle duży, że opracowanie technologii ograniczającej to niekorzystne zjawisko jest ekonomicznie uzasadnione. W rozdziale przedstawiono koncepcję systemu zabezpieczania transportu węgla przed pyleniem poprzez rozpylanie odpowiednich środków tworzących wiążącą warstwę na jego powierzchni. Opisano budowę baterii zraszającej oraz układu zasilającego. Przedstawiono rozwiązanie automatycznego systemu sterowania instalacją. Koncepcję systemu zabezpieczania węgla przed pyleniem w trakcie transportu kolejowego opracowano w porozumieniu z JSW S.A. z uwzględnieniem warunków zabudowy w jednym z jej zakładów przerobczych, dla którego przedstawiono przykładowy bilans zysków. Wymagania procesowe natrysku środka zabezpieczającego konsultowano z partnerem przemysłowym, producentem środków przeciw pyleniu – firmą FUCHS OIL CORPORATION (PL).

Słowa kluczowe: transport kolejowy węgla, pylenie węgla, oddziaływanie na środowisko, system zabezpieczenia węgla

Concept of the system for protection of coal against dust generation during the rail transportation

Abstract: During the coal rail transportation, 0.5-1.5% of its mass is irretrievably lost. Annually, about 50 million tons of hard coal are transported in Poland. Literature analysis shows that the volume of coal loss during transportation is so large that development of technology that reduces this loss is economically justified. In this chapter, concept of the system that protects against coal dust generation during transportation by spraying the agents that create the bonding layer on the surface is described. The concept of the system for protection against coal dust generation during transportation was developed in an agreement with JSW S.A. taking into account the conditions of its installation in one of its processing plants. The process requirements for spraying the protective agent were consulted with the industrial partner, the manufacturer of dust suppressants – FUCHS OIL CORPORATION (PL).

Keywords: rail transport of coal, coal dusting, environmental impact, coal protecting system

1. Wprowadzenie

Corocznie, na terenie RP transportem kolejowym przewozi się około 50 mln ton węgla kamiennego [1], który podczas transportu ulega procesowi wywiewania jego najdrobniejszej klasy ziarnowej – pyłu. Proces oraz skutki wywiewania węgla można łatwo zaobserwować w okolicach szlaków kolejowych. Na rysunku 1 przedstawiono przykład wywiewania pyłu węglowego podczas transportu kolejowego.



Rys. 1. Przykład wywiewania pyłu węglowego podczas jego transportu wagonami kolejowymi [2]

Wywiewany z wagonów pył węglowy powoduje zanieczyszczenie środowiska poprzez osiadanie na powierzchniach gruntów, rzek oraz zbiorników wodnych wzdłuż tras kolejowych. Osadzający się wzdłuż tras kolejowych pył węglowy powoduje zmianę parametrów geo-mechanicznych nasypów, wzdłuż których prowadzone są trasy. Zmiana tych parametrów może skutkować pogorszeniem wytrzymałości mechanicznej nasypów, a w skrajnych przypadkach może być przyczyną niebezpieczeństwa wystąpienia katastrofy kolejowej. Zmiana parametrów trasy ma także realny wpływ na zużycie taboru kolejowego [3].

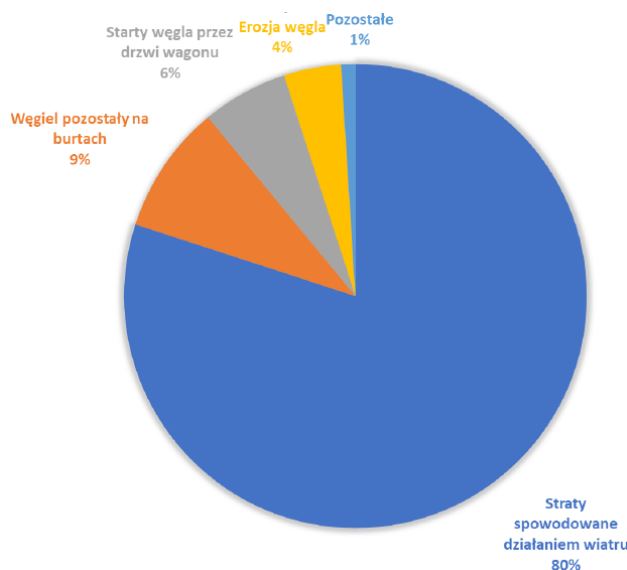
Istotnym elementem jest również pogorszenie parametrów i jakości powietrza w okolicach tras prowadzenia transportu. Problem ten od lat sygnalizowany jest wzdłuż głównych tras transportu kolejowego w USA, Kanadzie czy Australii [2, 3, 4]. Rodzimy przykładem jest skarga do inspekcji kolejowej na spółkę PKP Cargo. Wszystko z powodu transportów węgla polskiego przewoźnika, które uprzykrzają życie mieszkańcom czeskich miast i miasteczek. Czesi zwracają uwagę, że po przejeździe takiego pociągu wszystko jest zanieczyszczone od osadzającego się wszędzie miazgi. Alarmują, że towar przewożony przez te pociągi nie jest dostatecznie dobrze zabezpieczony, a nad wagonami unosi się chmura pyłu. Władze Czeskiego Cieszyna zwróciły się już w tej sprawie z oficjalnym pismem do zarządu PKP Cargo [5].

Straty węgla w czasie transportu powodowane są różnymi czynnikami [6], z których najważniejsze, to:

- geometria wagonu i kształt usypwanych pryzm,
- typ węgla i jego właściwości fizyczne, między innymi zawartość wilgoci i jego skład ziarnowy,
- organizacja przewozu wynikająca z odległości, prędkości przejazdu oraz warunki pogodowe w czasie transportu (wiatr, opady, temperatura),
- sposób zabezpieczenia przewożonego węgla przed wywiewaniem pyłu.

Ze względu na dużą zmienność czynników wpływających na ilość generowanego pyłu, różne źródła literaturowe nie do końca pokrywają się w zakresie określenia ilości traconego węgla w postaci wywiewanego pyłu. Analizując dostępną literaturę, najczęściej podawana jest informacja, że tracone jest od 0,5% do 3% masy transportowanego węgla, gdy nie ma środków kontroli zapylenia [6, 7]. Z kolei eksperymenty w tunelu aerodynamicznym wykazały straty rzędu 0,9 do 1,8% [8, 9].

Za 80% strat generowanych w czasie niezabezpieczonego transportu odpowiada działanie wiatru (prąd opływającego powietrza). Na rysunku 2 przedstawiono główne przyczyny powstawania strat w czasie transportu kolejowego [6, 7, 10].



Rys. 2. Główne przyczyny powstawania strat węgla w czasie transportu kolejowego [7, 6, 10]

Normy dopuszczalnych ubytków węgla określono bezpośrednio w rozporządzeniu Ministra Finansów z 19 września 2019 r. w sprawie norm dopuszczalnych ubytków niektórych wyrobów akcyzowych. Wynoszą one 2% wysłanej ilości węgla w trakcie transportu na terytorium kraju (niezależnie od rodzaju środka transportu) oraz 1% przeładowywanej ilości węgla w przypadku dokonywania przeładunku w czasie tego przemieszczania [11]. Ze względu na to, że straty w czasie transportu mieszczą się ww. zakresach, większość podmiotów wysyłających węgiel nie jest zainteresowanych ponoszeniem dodatkowych kosztów na zabezpieczenie jego transportu. Zabezpieczenie transportu wymagane jest natomiast dla transportu drogowego. W odniesieniu do transportu realizowanego drogą kolejową przepisy krajowe nie regulują tego w sposób bezpośredni. Analizując jednak regulamin sieci PKP 2020/2021 [12], opracowany na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 7 kwietnia 2017 r. w sprawie udostępniania infrastruktury kolejowej [13], można znaleźć następujący zapis:

„Do przewozów towarów przewoźnik ma obowiązek używać wagonów odpowiednio przystosowanych do danego typu ładunku. Przewoźnik zapewnia i ponosi odpowiedzialność za skuteczne zabezpieczenie przyjętych do przewozu ładunków, w szczególności uniemożliwiające przesunięcie, emisję ładunku poprzez np. pylenie, wywiewanie, usypywanie, wylewanie, wyciekanie i uwalnianie oraz emisję energii”.

Przy założeniu, że w Polsce rocznie transportuje się około 50 mln ton węgla [1], straty na poziomie 0,5% powodują bezpowrotne utracenie 250 tys. ton, co przy założeniu ceny węgla przeznaczonego do celów ciepłownictwa ~ wartości 600 zł/ tonę [14], daje wartość ~1,5 mld zł strat.

Jak podaje Łukaszczyk [15], w ostatnich latach w Polsce wydobycie jednej tony węgla wiąże się z wygenerowaniem ok. 13 m³ metanu CH₄ (tzw. metanowość względna). Przy założeniu, że można byłoby zapobiec utracie 250 tys. ton węgla, do atmosfery trafiłoby o 3,25 mln m³ CH₄ mniej. Ze względu na 21-krotnie większy wpływ metanu na efekt cieplarniany [15], taka redukcja ilości wygenerowanego metanu jest znacząca.

W dalszej części rozdziału przeanalizowano możliwe do zastosowania efektywne środki zapobiegające wywiewaniu pyłu z wagonów oraz określono ich warunki stosowania.

Prace koncepcyjne oparto na podstawie warunków zabudowy i przebiegu procesu załadunku w jednym z zakładów przerobczych Jastrzębskiej Spółki Węglowej S. A. W pracy przedstawiono również podstawowe warunki zabudowy i funkcjonalności proponowanego systemu.

2. Sposoby redukcji procesu wywiewania pyłu z wagonów kolejowych

Jak już wspomniano, wpływ na ilość wywiewanego pyłu ma wiele czynników. Aby zredukować straty powstające podczas transportów kolejowych można zastosować szereg działań. W krajach o znacznej długości linii kolejowych transportujących węgiel, działania te skoordynowane są w jednolitą strategię [16]. W celu zmniejszenia ilości pyłu generowanego z wagonu podczas transportu, stosuje się: wagony o specjalnej konstrukcji, walcowanie powierzchni węgla w wagonach bądź zastosowanie środków zabezpieczających pokrywających wierzchnią warstwę transportowanego materiału. Wszystkie preparaty mają postać koncentratów do sporządzania roztworu wodnego, przeznaczonych do stosowania w profilaktyce zabezpieczającej składowiska: miałów węglowych, materiałów sypkich, kruszyw mineralnych oraz zabezpieczenia na czas transportu tych materiałów w wagonach kolejowych, skrzyniach transportowych samochodów oraz dróg dojazdowych przed samowolnym pyleniem. Preparaty działają powierzchniowo, tworząc ciekłą nieprzepuszczalną powłokę, która nie zmienia właściwości użytkowych zabezpieczonych materiałów. Preparaty różnią się pomiędzy sobą stężeniami oraz ilościami jakie podają producenci. Na rysunku 3 pokazano przykładowy środek (RENOCLEAN AIR LOCK-DOWN) po związaniu na płycie laboratoryjnej oraz na próbce węgla [10].



Rys. 3. Przykład środka (RENOCLEAN AIR LOCK-DOWN) po związaniu na płycie laboratoryjnej oraz próbce węgla [10]: a) elastyczna warstwa po odparowaniu wody, b) związane cząstki węgla (pyłu i miału) produktem po odparowaniu wody

RENOCLEAN AIR LOCK-DOWN jest polimerem wodorozcieńczalnym, przeciwdziałającym pyleniu podczas transportu węgla luzem. Produkt wiąże razem warstwę wierzchnią materiału oraz tworzy na powierzchni bardzo ciekłą, elastyczną powłokę, która zapobiega wywiewaniu materiału z transportowanych wagonów.

W postaci rozcieńczonej, środek nanosi się na powierzchnię transportowanego węgla za pomocą instalacji natryskowych. Instalacje takie z powodzeniem stosowane są między innymi w Ameryce Północnej (USA, Kanada) oraz Australii. Stosowanie takich instalacji wiąże się z bardzo rozbudowanym systemem transportu kolejowego, sięgającego znacznych odległości [16]. Przykłady zastosowanych instalacji pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Przykład instalacji natrysku powłoki zabezpieczającej: a) Firma Neo Solutions, Inc. z siedzibą w Beaver, Pennsylvania (USA) [17], b) Firma MinTech Headquarter's Ellsworth Industrial Drive NW, Atlanta, (USA) [18], c) Firma Rail Shop Services Inc., Edmonton, Kanada Zabudowa na CP Coal Respray: Tappen, Kolumbia Brytyjska [19], d) Firma Sparwood & Teck Resources, Kanada [20]

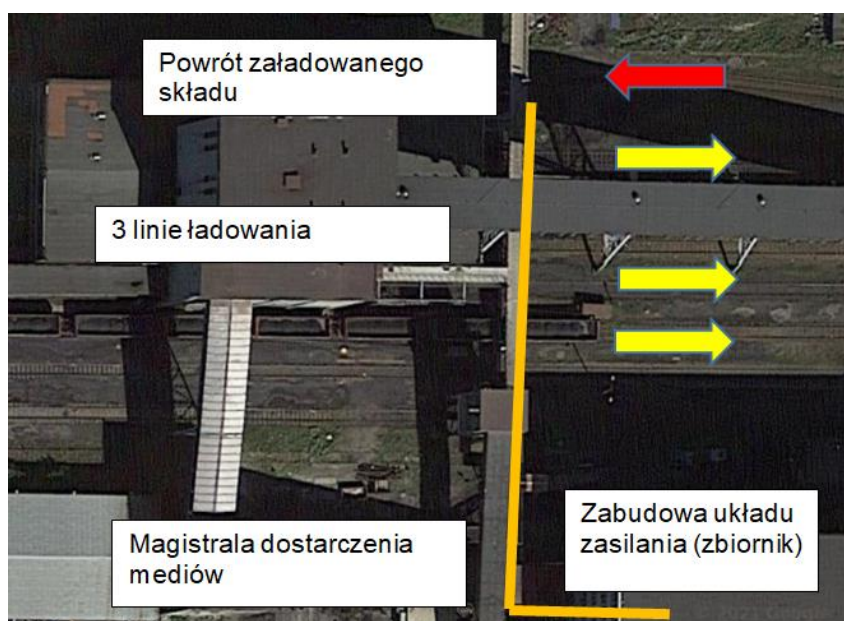
Wszystkie przytoczone przykłady zabudowy instalacji natryskującej wynikają z konieczności stosowania środków zabezpieczających transportowany węgiel. Konieczność ta wynika z lokalnych przepisów oraz wymuszana była/jest przez lokalnych mieszkańców.

3. Koncepcja zabudowy systemu zabezpieczenia węgla w czasie transportu w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG zrealizowano prace koncepcyjne ukierunkowane na opracowanie systemu zabezpieczenia transportu kolejowego węgla w aspekcie ograniczenia jego wywiewania z wagonów. Koncepcję opracowano przy uwzględnieniu warunków ruchu zakładu przerobczego KWK Pniówek (największy zakład przerobczy JSW S.A.) ładującego i wysyłającego do odbiorców średnio 250 wagonów w ciągu doby. Wymagania dotyczące procesu natrysku środka zabezpieczającego konsultowano z firmą FUCHS OIL CORPORATION (producentem linii środków zabezpieczających przed pyleniem wtórnym).

3.1. Analiza potencjalnego miejsca zabudowy systemu

W warunkach KWK Pniówek wagony ładowane są za pomocą trzech linii nawęglania. Każda z linii wyposażona jest w przenośnik rewersyjny umożliwiający jednoczesne załadunek czterech wagonów. Podczas załadunku skład wagonów przeciągany jest za pomocą lokomotywy. Obserwacje ruchowe wykazały, że podczas załadunku często dochodzi do zatrzymywania składu czy też jego cofania. Ze względu na taki charakter prac manewrowych proces nanoszenia środka zabezpieczającego, bezpośrednio po zasypaniu wagonu i walcowaniu jest znacznie utrudniony. Dalsza analiza możliwości zabudowy systemu natrysku wykazała, że jedynie na torze 4-tym (powrotnym), zlokalizowanym obok budynku ładowni istnieje możliwość zapewnienia warunków jednostajnego przejazdu pociągu ze stałą prędkością. Linie ładowania oraz trasę powrotu załadowanego składu pokazano na rysunku 5, zaznaczając dodatkowo miejsce możliwej zabudowy systemu zasilania oraz przebieg magistrali dostarczającej środek zabezpieczający do baterii zraszających. Trudność z określeniem miejsca zabudowy zbiornika, wynika z jego wstępnie wytypowanej objętości rzędu 15 m³. Taki zbiornik znacznie przekraczałby obciążenie stropu w budynku ładowania węgla. Z tego względu ustalono, iż miejscem docelowej jego zabudowy będzie budynek zakładu przerobczego, w którym zbiornik będzie mógł być usadowiony na poziomie „0”. Zabudowa zbiornika w tym miejscu umożliwi jego uzupełnianie bezpośrednio z samochodu dostawczego, możliwość obciążenia posadzki dowolną masą oraz brak konieczności zapewnienia dodatkowego ogrzewania (pomieszczenia z temperaturą stale dodatnią).

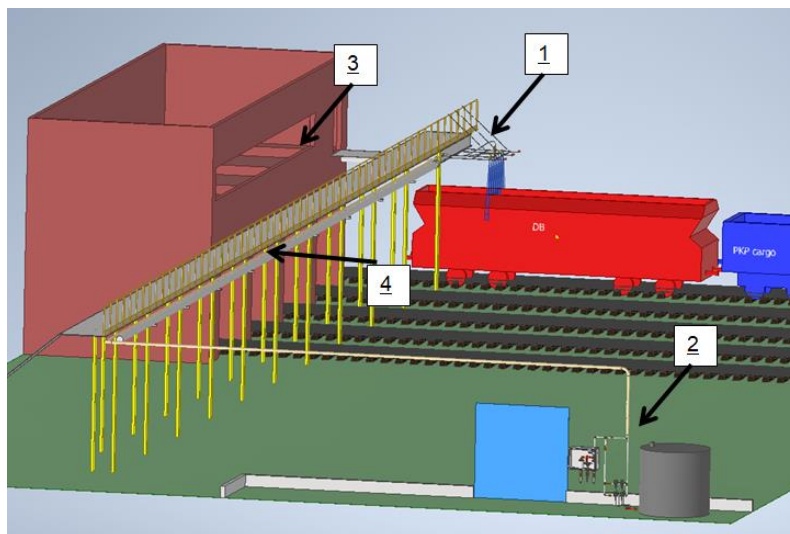


Rys. 5. Planowane miejsce zabezpieczania węgla w trakcie transportu

3.2. Budowa systemu zabezpieczania wagonów z węglem

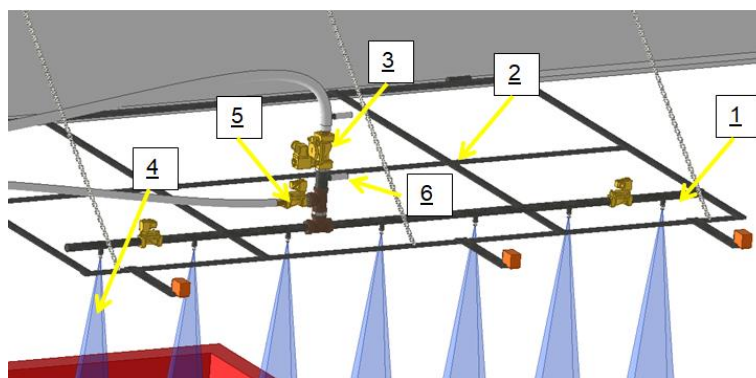
Głównymi elementami koncepcyjnego systemu natrysku środka zabezpieczającego węgiel przed pyleniem z wagonów są (rys. 6):

1. zespół zraszający,
2. układ zasilający (hydrauliczny),
3. układ sterujący (elektryczny),
4. magistrala dostarczania mediów roboczych.



Rys. 6. Konceptyjny model 3D systemu natrysku środka zabezpieczającego węgiel przed pyleniem z wagonów (1-zespół zraszający, 2-układ zasilający, 3-układ sterujący, 4-magistrala dostarczania mediów roboczych)

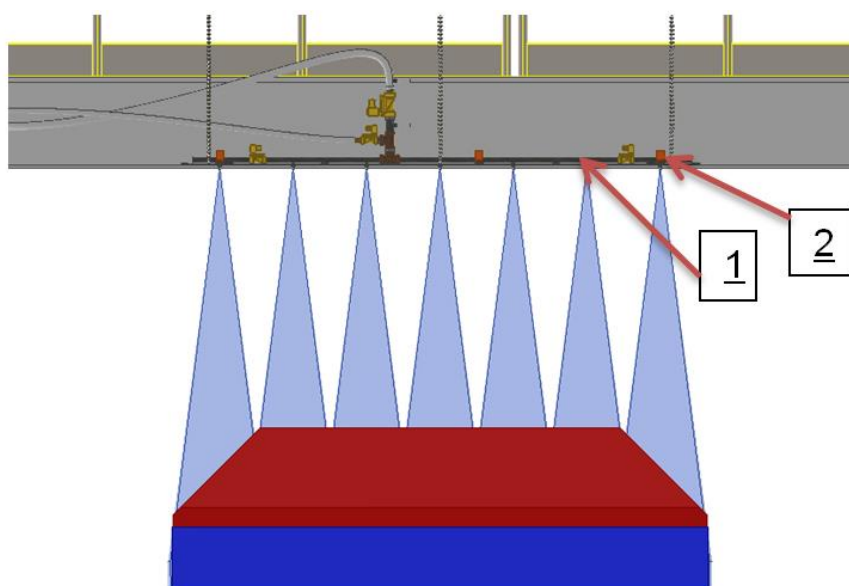
Zespół zraszający montowany jest do konstrukcji kładki nad torami. Sposób montażu oraz wyposażenie zespołu pokazano na rysunku 7. Idea rozwiązania baterii zraszającej (1) zakłada jej zabudowę na konstrukcji ramowej (2) montowanej na zawiasach w taki sposób, aby możliwe było podniesienie konstrukcji w momencie wykonywania prac konserwacyjnych czy serwisowych. Dostarczenie środka zabezpieczającego do baterii zraszającej (1), realizowane jest poprzez elektrozawór 3/2" (3), zamocowany bezpośrednio na konstrukcji baterii (1). W baterii zabudowano gniazda pod siedem dysz rozpylających środek zabezpieczający (4). Dysze po okresie przerwy w pracy, powinny być przepłukane czystą wodą w celu niedopuszczenia do ich zatkania. Płukanie dysz realizowane jest strumieniem wody sterowanym elektrozaworem 1" (5) zlokalizowanym na trójniku wlotowym do baterii.



Rys. 7. Model 3D zespołu zraszającego koncepcji systemu natrysku środka zabezpieczającego przed pyleniem z wagonów (1- bateria zraszająca, 2- rama, 3- elektrozawór 3/2", 4- dysze zraszające, 5- elektrozawór 1", 6- czujnik ciśnienia)

Zabudowa elektrozaworów zlokalizowana została bezpośrednio w okolicach wlotu do baterii zraszającej, w celu jak najmniejszej bezwładności układu (pozostała część magistrali pozostaje „pod ciśnieniem”). Aktualny stan systemu (prawidłowe parametry ciśnienia mediów) mierzone są za pomocą układu czujników ciśnienia (6). W zespole zraszającym będą zabudowane co najmniej dwa takie czujniki, jeden na magistrali zasilającej, drugi na belce zraszającej. Umożliwią one sprawne wykrycie nieprawidłowości działania systemu z poziomu układu zasilająco-sterującego.

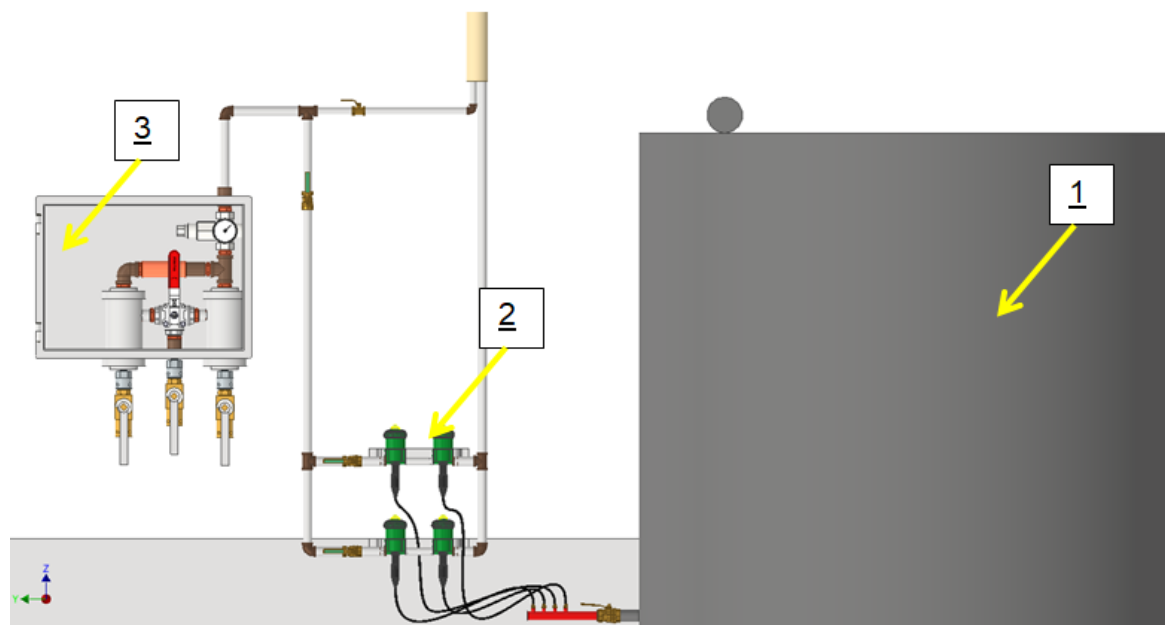
Do systemu dobrano dysze generujące strumień płaski marki BETE MC3 –kaliber 100 (Ø 6,3 mm) o kącie rozpylenia wynoszącym 15°. Ze względu na różne szerokości obsługiwanych wagonów, opracowano system cechujący się możliwością adaptacyjnego dostosowania do aktualnie obsługiwanego typu wagonu. W tym celu na belce zraszającej zabudowano dwa dodatkowe elektrozawory umożliwiające odcięcie skrajnych dysz, w przypadku zabezpieczania wagonów o mniejszej szerokości. Na rysunku 8 przedstawiono zakres działania dobranych dysz przy określonych odległościach na belce zraszającej. Kolorem niebieskim zaznaczono górną część wagonu normalnego typu Eaos. Z kolei czerwonym kolorem zaznaczono skrajnie burty wagonu typu Fals [21]. Za właściwą identyfikację typu wagu odpowiedzialny jest układ sterowania współpracujący z zamontowanymi na konstrukcji ramy (1) czujnikami szerokości wagonu (2).



Rys. 8. Zakres działania poszczególnych dysz przy zakładanym kącie rozpylenia oraz szerokości rozstawienia w baterii zraszającej (1- konstrukcja ramy, czujnik szerokości wagonu)

Zadaniem **układu zasilającego** jest przygotowanie właściwych parametrów mediów roboczych. Na rysunku 9 przedstawiono układ zasilania wraz z podstawowymi elementami. Ze względu na konieczność zapewnienia około 10 dni pracy przy jednym napełnieniu zbiornika, jego objętość powinna wynosić co najmniej 15 m³. Tak duży zbiornik, ze względu na swoją objętość i masę, w warunkach zakładu przerobowego KWK Pniówek, może znajdować się w budynku zlokalizowanym w odległości ok. 75 m od baterii zraszającej. Od układu zasilania do baterii, poprowadzono rurociąg mieszaniny zabezpieczającej transport o wymiarze nominalnym DN40. Dodatkowo w celu umożliwienia płukania baterii i dysz, poprowadzono rurociąg czystej wody o wielkości nominalnej DN25. Tą samą magistralą poprowadzono również przewody zasilające i sterujące pracą elektrozaworów na belce zraszającej.

Warunki zimowe nie są sprzyjającym okresem do pracy przedmiotowej instalacji z uwagi na jej wrażliwość na działanie niskich temperatur. Dotyczy to elementów instalacji, takich jak: rurociągi doprowadzające wodę do baterii zraszających, jak i samej baterii wyposażonej w dysze zraszające znajdujące się w nieogrzewanej przestrzeni. W celu zabezpieczenia instalacji przed przemarzaniem, układ wyposażono w przewody grzejne montowane pod otuliną termoizolacyjną. Do przedmiotowego układu przewidziano zastosowanie przewodów firmy LUXBUD z serii EKO PROTEKTOR. Są to przewody samoregulujące, zasilane jednostronnie taśmami grzejnymi.



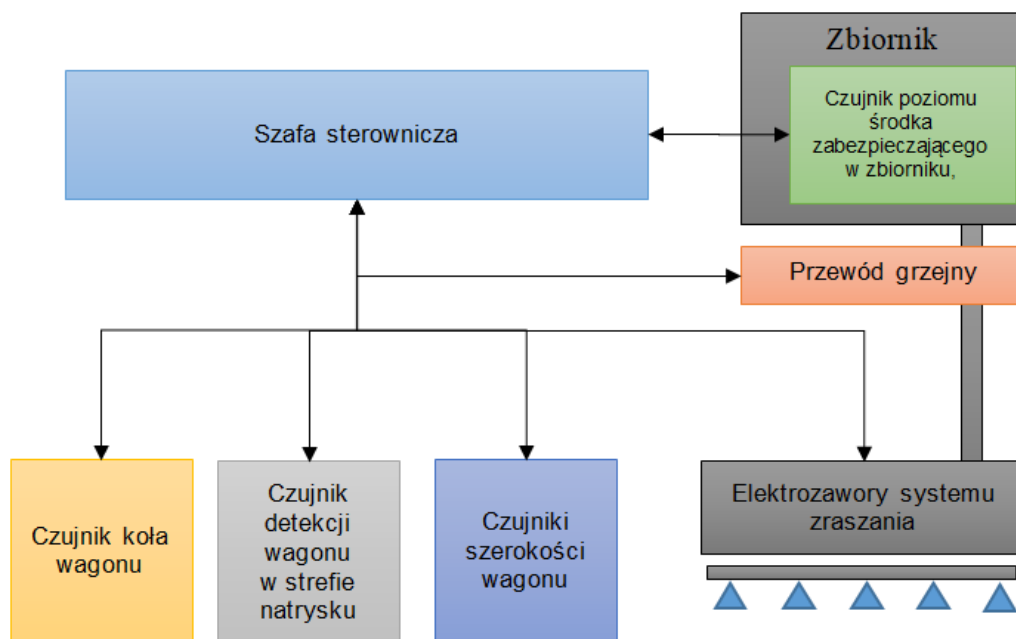
Rys. 9. Model 3D układu zasilającego (hydraulicznego) systemu natrysku środka zabezpieczającego przed pyleniem z wagonów (1- zbiornik, 2- zespół dozowników, 3- skrzynia przygotowania wody)

W skład układu zasilania (rys. 9) wchodzi zbiornik (1), do którego podłączone są dozowniki (2) koncentratu płynu zabezpieczającego przed pyleniem. Ze względu na chwilowe duże przepływy oraz znaczne stężenie środka, dozowanie odbywa się w układzie czterech dozowników odpowiednio połączonych. Dozownik zasilany jest ze skrzyni przygotowania wody (3). Skrzynia przygotowania wody zawiera filtr rewersyjny oraz reduktor ciśnienia z manometrem. Filtr, reduktor oraz dozownik dobrane zostały na wielkość znamionową DN40. Układ zasilania wymaga dostarczenia wody o minimalnym ciśnieniu 0,4 MPa przy natężeniu przepływu 300 dm³/min. W przypadku braku możliwości spełnienia tych kryteriów należy zastosować dodatkową pompę. Woda ze skrzyni kierowana jest równolegle, poprzez ręczne zawory do dozownika oraz do linii zasilającej układ płukania baterii zraszającej. Wstępnie zakłada się zabudowę układu w miejscu o stale dodatnich temperaturach.

Układ sterujący składa się z:

- szafy sterowniczej,
- czujników obiektowych na które składają się:
 - indukcyjny czujnik wykrywania koła wagonu (zamocowany na torze kolejowym),
 - ultradźwiękowy czujnik obecności wagonu w strefie zraszania (zamocowany na baterii zraszającej z odpowiednim wyprzedzeniem w stosunku do baterii),
 - dwa ultradźwiękowe czujniki wykrywania szerokości wagonu (zamocowane na skrajniach baterii zraszającej),
 - czujnik poziomu środka zabezpieczającego w zbiorniku,
 - czujniki ciśnienia w układzie spryskującym.
- elementów wykonawczych w postaci elektrozaworów elektrohydraulicznych,
- przewodów grzejnych zabezpieczających rurociągi przed zamarzaniem.

Schemat blokowy układu sterującego przedstawiono na rysunku 10.



Rys. 10. Schemat blokowy układu sterującego

Układ umożliwia pracę systemu w sposób automatyczny. Podstawowe jego funkcje to:

- automatyczne włączanie/wyłączanie zraszania w momencie przejazdu wagonu,
- płukanie baterii czystą wodą zgodnie z ustawieniami algorytmu,
- automatyczne wykrywanie szerokich wagonów z jednoczesnym uruchomieniem lub wyłączeniem dodatkowych dysz zraszających,
- ręczne włączanie/wyłączanie systemu,
- automatyczna kontrola poziomu medium w zbiorniku, z sygnalizacją alarmową w przypadku przekroczenia minimalnego, dopuszczalnego poziomu,
- automatyczna kontrola ciśnienia w układzie hydraulicznym z sygnalizacją alarmową w przypadku jego spadku poniżej zadeklarowanego progu alarmowego, uniemożliwiającego poprawne działanie systemu,
- zabezpieczenie instalacji przed przemarzeniem.

Na bocznej ścianie szafy sterowniczej znajduje się wyłącznik główny. Na jej drzwiach zainstalowany jest panel operatorski z przyciskami sterowniczymi. Nad panelem zabudowano kontrolki świetlne informujące o poprawnym włączeniu napięcia 24V DC i 230V AC. Ponadto na drzwiach zainstalowane są następujące przyciski:

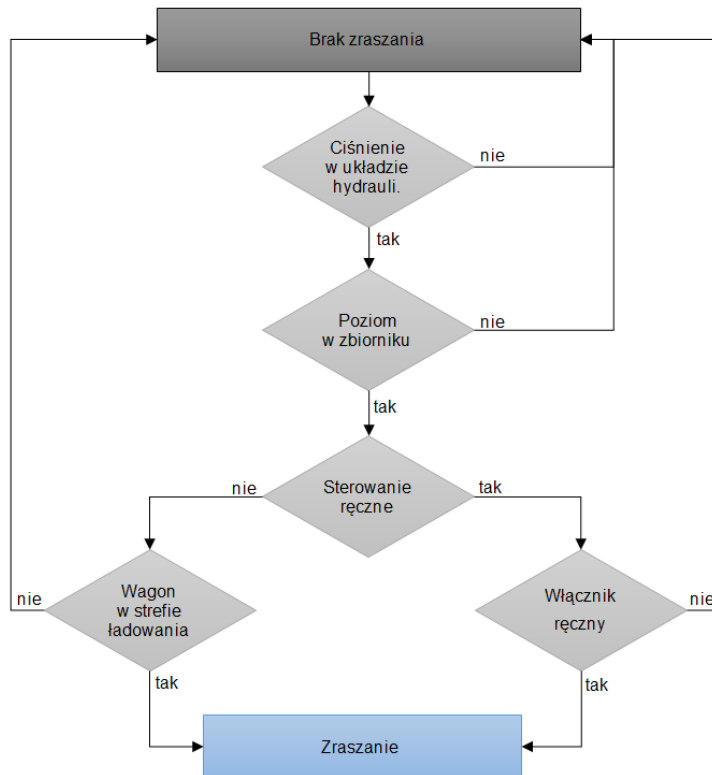
- przełącznik wyboru trybu pracy – automatyczny lub manualny,
- przycisk Start/Stop do załączania/wyłączania natrysku w trybie pracy ręcznej,
- przełącznik przód/tył do wyboru ułożenia lokomotywy (z przodu lub tyłu składu).

3.3. Opis działania systemu zabezpieczenia węgla przed pyleniem w czasie transportu dedykowanego do warunków eksploatacji w polskich kopalniach węgla kamiennego

Do skrzyni zespołu zasilającego (hydraulicznego), dostarczana jest woda z rurociągu p-poż. o wymaganych parametrach. Przewodzenie zaworu odcinającego zlokalizowanego na obiegu wodnym

pozwala na przepływ medium roboczego do zespołu filtracyjnego o filtracji wynoszącej minimum 200 μm . W zespole filtracyjnym znajdują się dodatkowe zawory odcinające, pozwalające na spust zgromadzonego zanieczyszczenia podczas rewersyjnego płukania filtra. Woda, po poddaniu jej filtracji, przepływa do zaworu redukcyjnego, w którym ma miejsce redukcja ciśnienia, do wartości zadanej (max. 0,6 MPa). Przepływ wody jest zamknięty aż do momentu przesterowania elektrozaworu zlokalizowanego na wlocie do baterii zraszającej. Nadjeżdżający pociąg wykrywany jest za pomocą czujnika detekcji koła, który należy zainstalować w pewnej odległości od systemu zraszania. Odległość ta musi być większa od długości lokomotywy. Zbliżający się do strefy zraszania wagon, wykrywany jest za pomocą czujnika ultradźwiękowego, który inicjuje proces zraszania. W chwili podania sygnału na cewkę zaworu, woda, poprzez zawór ręczny kierowana jest do dozowników koncentratu środka zabezpieczającego. Odpowiednio dobrany i wyregulowany układ dozowników umożliwi dostarczenie mieszaniny do dysz natryskujących środek na powierzchnię transportowanego węgla. Baterie wyposażone są w połączone szeregowo dysze. Dwie skrajne dysze zasilane są poprzez elektrozawory typu NO. W momencie wykrycia przez system wagonu o zaniżonej szerokości, układ działa tylko na pięciu dyszach. Woda z preparatem doprowadzona do dyszy generuje strumień mgły wodnej o kierunku działania zgodnym ustawieniem uchwyty montażowych. Na wlocie do baterii, równolegle podłączona jest nitka wody czystej. W chwili konieczności przepłukania baterii oraz dysz następuje elektrozaworu na nitce czystej wody. Podczas pracy systemu, za pomocą sterownika kontrolowany jest poziom cieczy w zbiorniku i ciśnienie w układzie hydraulicznym. Zakłada się, że operator załadunku będzie wybierał za pomocą przełącznika na szafie sterowniczej końcowe lub początkowe położenie lokomotywy względem całego składu. Jest to informacja do sterownika czy należy pominąć zrasznie pierwszego czy ostatniego zidentyfikowanego obiektu. Poza tym system jest bezobsługowy.

Opisany sposób działania systemu w formie blokowego algorytmu przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Blokowy algorytm działania systemu natrysku



Podstawowe parametry techniczne systemu zabezpieczania węgla w trakcie transportu przedstawiono w tabeli 1.

Parametry techniczne systemu zabezpieczania węgla przed pyleniem w trakcie transportu

Tabela 1.

Stężenie środka zabezpieczającego	10%
Maksymalna prędkość wagonów	1,25 m/s
Intensywność zraszania (mieszanina)	300 dm ³ /min
Objętość zbiornika (koncentrat)	~15 m ³
Zużycie środka zabezpieczającego (koncentrat)	30 dm ³ /min (6 dm ³ /wagon)
Zużycie wody	~270 dm ³ /min (54 dm ³ /wagon)
Minimalne ciśnienie wody zasilającej instalację	0,4 MPa
Sposób sterowania	Automatyczny

4. Szacunkowy bilans zysków dla warunków KWK Pniówek

Jak wspomniano we wstępie koncepcja systemu oparta została o warunki pracy zakładu przerobczego KWK Pniówek należącego do JSW S.A. W tabeli 2 przedstawiono wynik przeprowadzonej analizy szacunkowej potencjalnych zysków wynikających z realizacji przedmiotowego projektu.

Szacunkowy bilans zysków

Tabela 2.

Liczba wagonów do natrysku na dobę	250 wagonów
Masa węgla w jednym wagonie	60 T/wagon
Masa węgla transportowanego na dobę	15000 T/doba
Ilość węgla utraconego w wyniku wywiewania, przy założeniu 0,5% strat (*wartość ta może sięgać nawet 2% [6])	75 T/doba
Koszt środka zabezpieczającego na jeden wagon; środek + woda	65 PLN
Przyjęta cena tony węgla (*wartość może sięgać nawet 1500 lub więcej) [14]	600 PLN
Wartość węgla zabezpieczonego przed wywianiem	45.000 PLN/dobę
Koszt zabezpieczenia węgla przed pyleniem	16.250 PLN/dobę
ZYSK	28.750 PLN / dobę

5. Podsumowanie

W rozdziale przedstawiono koncepcję systemu natrysku środka zabezpieczającego przed wywiewaniem pyłu węglowego z wagonów podczas transportu węgla. Zaproponowana instalacja ma za zadanie zapobiegać pyleniu wtórnemu, które niekorzystnie wpływa na maszyny oraz ludzi i środowisko. Rozwiązanie oparto o technologię zabezpieczania hałd przed pyleniem wtórnym, która umożliwia pokrycie hałd węgla cienką i wytrzymałą warstwą zabezpieczającą firmy FUCHS.



Z przeprowadzonej analizy jasno wynika, iż stosowanie systemu pokrywania transportowanego węgla cienką warstwą polimerową daje wymierne korzyści ekonomiczne oraz środowiskowe. Coraz częściej zgłaszane uwagi i skargi na przewoźników kolejowych transportujących węgiel, mogą w najbliższym czasie wymusić zmianę przepisów dotyczących transportu węgla bądź bardziej restrykcyjne stosowanie już obowiązujących.

Podjęte prace nad opracowaniem systemu zabezpieczania węgla przed pyleniem w trakcie transportu pozwoliły określić zakres działania oraz zabudowę i przewidywane parametry pracy.

Wyliczenia oraz szczegółowe rozwiązania poszczególnych elementów umożliwiają podjęcie współpracy z firmami bezpośrednio związanymi z transportem węgla za pomocą wagonów kolejowych.

Literatura

1. Statystyka przewozów towarowych. Urząd Transportu Kolejowego. <https://utk.gov.pl/pl/raporty-i-analizy/analizy-i-monitoring/statystyka-przewozow-to/16463>, Przewozy-intermodalne-w-2020-r.html (dostęp: 07.10.2021)
2. „Coal Trains – Coal Dust” <https://www.jamesrobertdeal.org/coal-trains/> (dostęp: 07.10.2021)
3. Surface Transportation Board Decision: “Arkansas Electric Cooperative Corporation - Petition for Declaratory Order,” Docket No. FD 35305, Mar 2011
4. Hossfeld R. J., & Hatt R. (2005): PRB coal degradation: Causes and cures. PRB Coal Users Group, http://www.prbcoals.com/pdf/paper_archives/56538.pdf.
5. „Czesi nie chcą, by pył z polskiego węgla brudził im powietrze”: <https://bielskobiala.wyborcza.pl/bielskobiala/7,88025,22149514,czesi-nie-chca-by-pyl-z-polskiego-wegla-brudzil-im-powietrze.html> (dostęp: 07.10.2021)
6. Kotchenruther R.: Fugitive Dust from Coal Trains. Factors Effecting Emissions & Estimating PM2.5. / Robert Kotchenruther //EPA Region 10, NW –AIRQUEST, 2013. – 18 p.
7. Jaffe D., Putz J., Hof G., Hof G., Hee J., Lommers-Johnson D. A., ... and Minsk M. (): Diesel particulate matter and coal dust from trains in the Columbia River Gorge, Washington State, USA. Atmospheric Pollution Research, 2015, 6(6), 946-952.
8. Spitz, K., Trudinger, J.: Mining and the environment: from ore to metal. CRC Press, 2019
9. Ferreira A. D. & Vaz P. A.: Wind tunnel study of coal dust release from train wagons. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2004, 92(7-8), 565-577
10. Czerniuk A.: Nowa seria produktów do kontroli zapylenia FUCHS RENOCLEAN AIR, prezentacja firmy FUCHS-Katowice, 24.07.2020
11. § 8 rozporządzenia Ministra Finansów z 20 września 2019 r. w sprawie norm dopuszczalnych ubytków niektórych wyrobów akcyzowych – Dz.U. 2019 poz. 1790
12. REGULAMIN SIECI, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. 2020/2021 https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Reg_przydzielania_tras/Regulamin_sieci_2020_2021/01.04.2021/Regulamin_sieci_2020_2021_v18.pdf (dostęp: 07.10.2021)
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 7 kwietnia 2017 r. w sprawie udostępniania infrastruktury kolejowej
14. https://www.wnp.pl/gornictwo/notowania/ceny_wegla/ (dostęp: 07.10.2021)
15. Łukaszczyk Z.: Zagrożenia wynikające z bezpośredniej emisji metanu do atmosfery i szanse na jego gospodarcze wykorzystanie.NETTG.PL, 20 października 2020



<https://nettg.pl/news/171471/zagrozenia-wynikajace-z-bezposredniej-emisji-metanu-do-atmosfery-i-szanse-na-jego-gospodarcze-wykorzystanie>

16. Connell Hatch (2008) Wagon lids analysis: Environmental evaluation, Commissioned by Queensland Rail Ltd.
17. <https://pl.investing.com/commodities/coking-coal-futures> (dostęp: 07.10.2021)
18. <https://www.myeastkootenaynow.com/11081/new-solution-could-be-solution-to-sparwood-coal-dust/> (dostęp: 07.10.2021)
19. <http://www.railshopservices.com/coal-respray.html> (dostęp: 07.10.2021)
20. <http://mintech.com/4-reasons-foam-dust-control-is-better-for-coal-handling> (dostęp: 07.10.2021)
21. Katalog Wagonów PKP CARGO S.A., Warszawa 2018