

WYTYCZNE KONSTRUKCYJNE DO PROJEKTOWANIA UKŁADÓW SUSZENIA WĘGLA BRUNATNEGO

DESIGN GUIDELINES FOR THE DESIGN OF BROWN COAL DRYING INSTALLATION

Robert Rosik - „Poltegor – Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

W artykule przedstawiono wytyczne konstrukcyjne dla projektowania lub udoskonalania układów suszenia węgla brunatnego z wykorzystaniem fluidalnego złoża. Wytyczne dotyczą projektowania w skali laboratoryjnej jak i w skali dla potrzeb przemysłu oraz w dalszej konsekwencji integracji układu suszenia z blokiem energetycznym.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, suszenie węgla

The article presents the design guidelines for designing or improving systems of brown coal drying using fluidized bed. The guidelines concern the design on a laboratory scale and scale to the needs of industry and consequently drying system integration of power plant.

Keywords: brown coal, drying of coal

Wstęp

Suszenie węgla brunatnego ma ogromne znaczenie dla możliwości jego późniejszego wykorzystania ponieważ jego wilgotność z reguły jest za wysoka jak na potrzeby energetyki. Sposobów suszenia węgla brunatnego przez ostatnie lata przedstawiono wiele razy. Jedną z najbardziej obiecujących wydaje się metoda fluidalna [7][8].

Projekt układu suszenia węgla brunatnego wymaga dobrania podstawowych parametrów, które można prześledzić na podstawie poniżej zamieszczonych danych dla których została zaprojektowana i wybudowana prototypowa instalacja pilotowa. Przedsięwzięcie to było finansowane w ramach programu operacyjnego innowacyjna gospodarka. Do budowy pilota przyjęto podstawowe dane wyjściowe [6][9]:

- wydajność suszenia $G = 100 \text{ kg/h}$ węgla
- osiągnięcie wymaganych parametrów pracy w cyklach: $8 \div 12$ godzinnych
- ilość planowanych eksperymentów w ciągu miesiąca: $3 \div 5$
- planowany czas użytkowania instalacji: $2 \div 3$ lata
- wymiary gabarytowe: $1,5 \times 3,0 \times 2,0 \text{ m}$
- wymagana ilość powietrza: $L = 10\,000 \div 15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$
- granulacja węgla do badań $0,4 \div 2; 2 \div 4; 4 \div 6,3; 6,3 <$ (opcjonalnie: rozdrobnienie węgla przy wlocie do komory za pomocą sprężonego powietrza)
- zapewnienie temperatur czynników grzewczych (powietrze, woda) w zakresie $30 \div 70^\circ\text{C}$
- konstrukcja suszarki ma zapewnić możliwość prowadzenia wielowariantowych badań, przy zmiennych parametrach obejmujących m.in. przepływy, ciśnienie, temperatury.

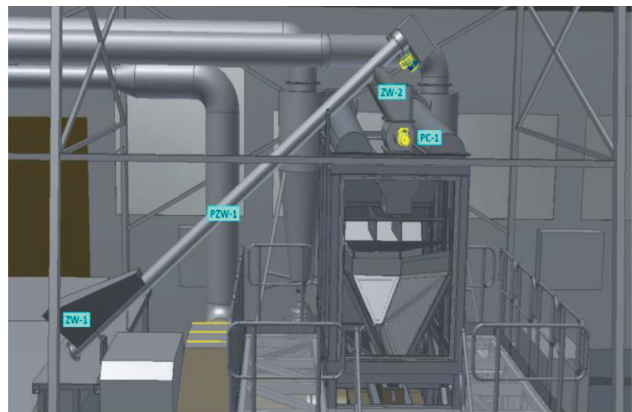
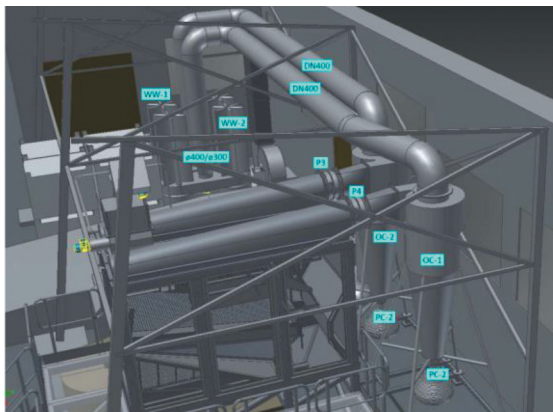
Instalacja pilotowa

Układ suszenia węgla brunatnego może być instalacją o stosunkowo niewielkich gabarytach, co zostało przetestowane na instalacji pilotowej. Była ona rozważana wielowariantowo, także z układem z nagrzewnicą elektryczną (rys. 1) oraz z nagrzewnicą wodną (rys. 2), która wymaga niestety dodatkowego miejsca na węzeł cieplny dla podłączenia na przykład do istniejącej instalacji grzewczej. Bardzo pomocne jest oczywiście projektowanie takiego układu w oprogramowaniu 3D, gdzie swobodnie można przedstawiać urządzenia i tworzyć warianty instalacji dążąc do optymalnego jej wariantu dla danej sytuacji i uwarunkowań z nią związanych. W przypadku tej instalacji zdecydowano się na nagrzewnicę wodną, gdyż koszt podłączenia nagrzewnicy elektrycznej był dla danej lokalizacji, zbyt duży [1][2][3].

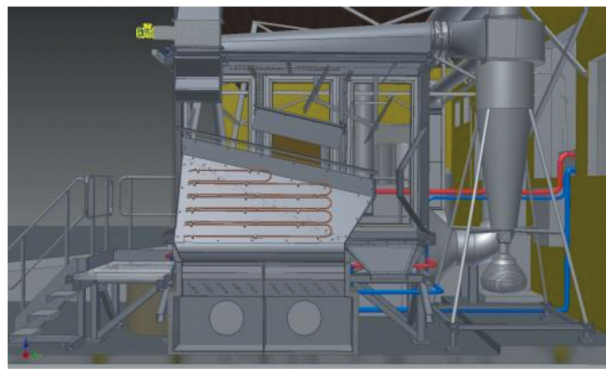
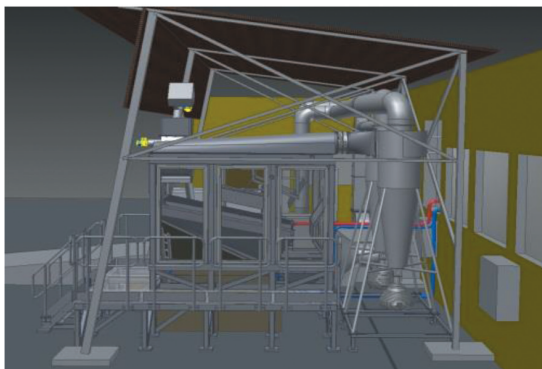
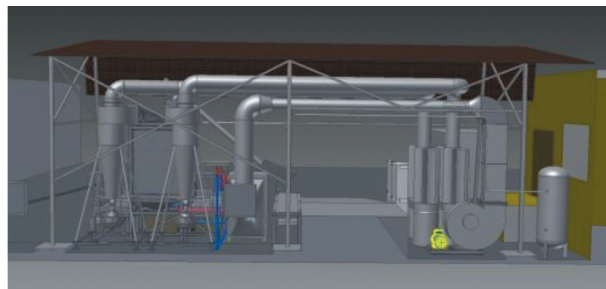
Ważnym elementem projektowania instalacji jest odprowadzenie pyłów powstających podczas suszenia, jak i z samego węgla. Rozważyć można tu wersję zdwojonego systemu odpylania jak na rysunku 2, ale pojedynczy system ze względu na swoją kompaktowość i mniejszy koszt wydaje się optymalnym rozwiązaniem (rys. 3) [4].

Budowa instalacji wymaga szczególnej dbałości o jakość połączeń, co zaowocuje szczelnością całej instalacji. W pilocie zastosowano system „ramowy” (rys. 4) do którego podłączano blachy wypełniające przy pomocy nitów bądź śrub. Takie rozwiązanie jednak wymaga sporej dokładności u wykonawcy, po doświadczeniach wydaje się, że lepiej stosować konstrukcję „samonośną” w postaci spawanych blach, która szerzej będzie opisana w części dotyczącej instalacji przemysłowej.

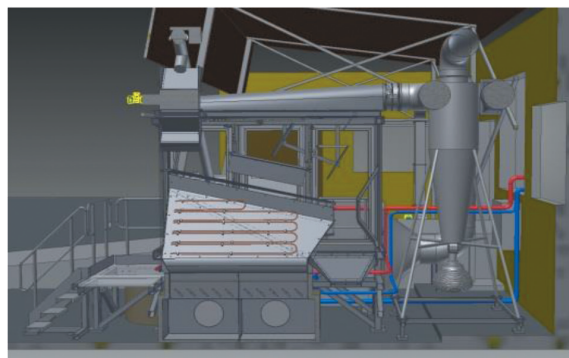
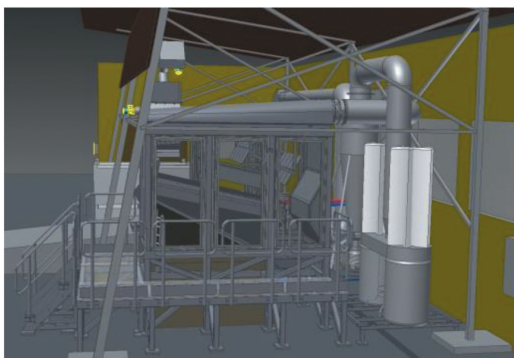
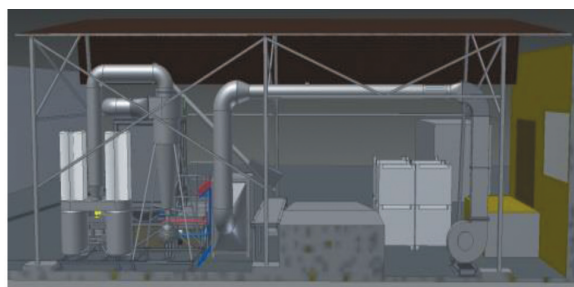
Istotnym elementem dla instalacji suszenia węgla są prze-



Rys. 1. Instalacja w układzie zdwojnym wraz z nagrzewnicą elektryczną [2]
 Fig. 1. Installation double-system with electrical heater



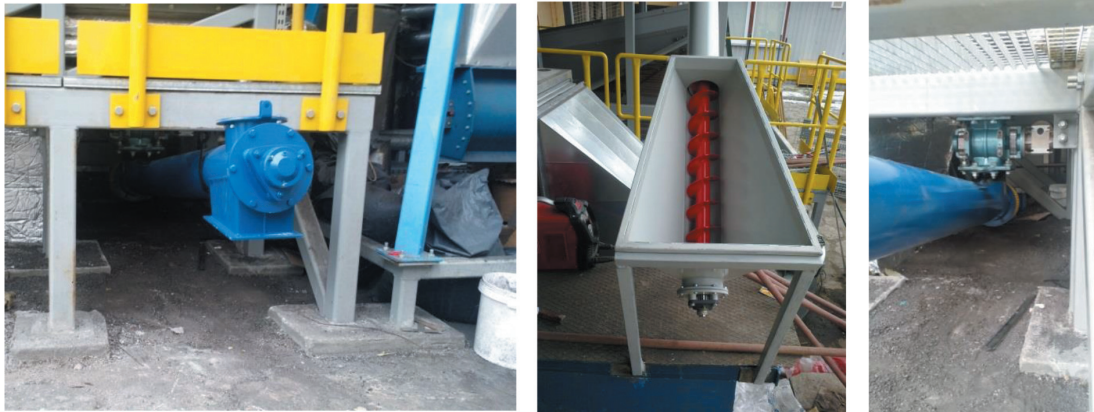
Rys. 2. Wizualizacja projektu z nagrzewnicą wodną i zdwojnym systemem odpylania [3][4]
 Fig. 2. Visualization of the project with water heater and extraction double-system



Rys. 3. Wizualizacja projektu z nagrzewnicą wodną i pojedynczym systemem odpylania [3][4]
 Fig. 3. Visualization of the project with water heater and extraction single-system



Rys. 4. Fazy montażu konstrukcji komory fluidalnej
Fig. 4. Installation phases of the turbulence chamber



Rys. 5. Przenośnik nadawy i odbioru
Fig. 5. Feed and receiving conveyor

nośniki ślimakowe (rys. 5), które można użyć dla nadawy jak i odbioru węgla. Zastosować należy także słuzę przed zasypem węgla do komory, jak i przy wyjściu do przenośnika odbierającego.

Optymalne warunki suszenia węgla tą metodą wymagają wręcz stosowania dodatkowych elementów grzewczych jak na rysunku 6, tj. wewnętrznego grzejnika (po lewej) jak i układu rurek dogrzewających ścianki boczne komory fluidalnej. Dodać trzeba, że wszystkie elementy pomiędzy nagrzewnicą, a komorą fluidalną wraz ze skrzynką rozprężną zostały pokryte izolacją z wełny mineralnej o grubości 40-60 mm.

Ukończona instalacja pilotowa przedstawiona na rysunku 7 pozwoliła na wykonanie wielu testów i wyciągnięciu wniosków dla projektu instalacji o zwiększonej wydajności dla celów komercyjnych.

Wytyczne do projektu instalacji w skali komercyjnej

Do projektu instalacji do zastosowań komercyjnych przyjęto podstawowe dane wyjściowe [5][6]:

- wydajność suszenia $G = 1000 \text{ kg/h}$ węgla
- wymiary gabarytowe: $1,5 \times 3,0 \times 2,0 \text{ m}$
- wymagana ilość powietrza: $L = 10\ 000 \div 15\ 000 \text{ m}^3/\text{h}$
- granulacja węgla do badań $0,4\div 2; 2\div 4; 4\div 6,3; 6,3\div$

Model instalacji dla celów przemysłowych został ogólnie zaprojektowany na podstawie doświadczeń wziętych z projektowania, wykonania i budowy instalacji pilotowej oraz eksploatacji tej instalacji podczas przedmiotowych badań [4][5][6].

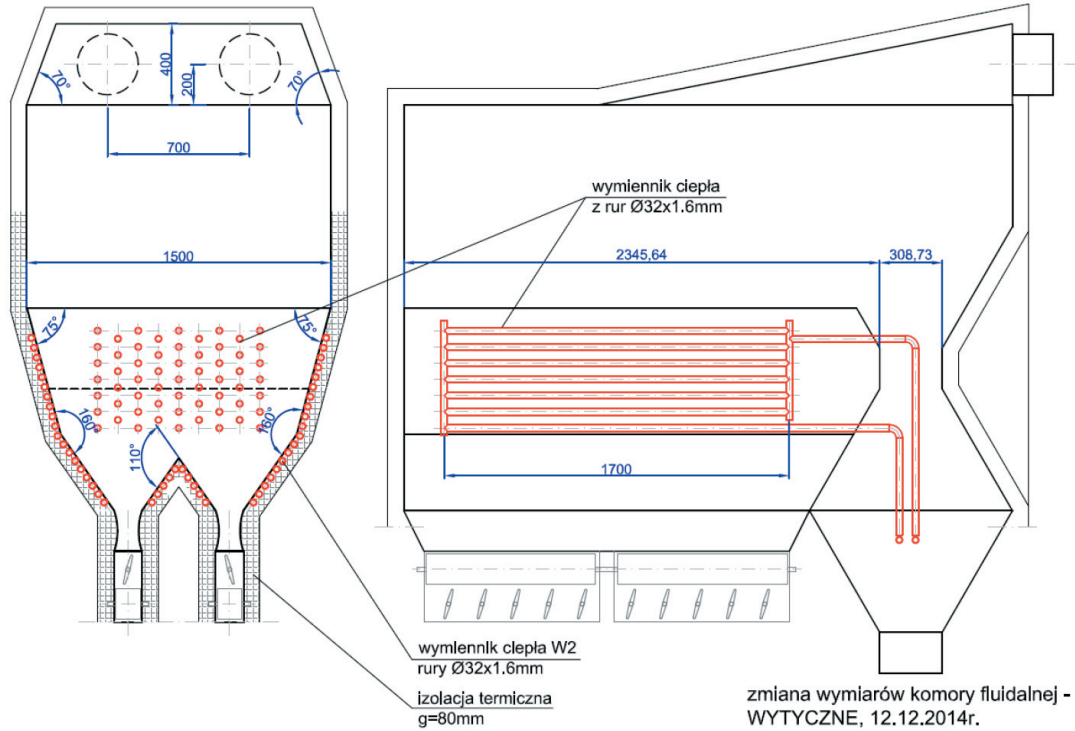
Wytyczne konstrukcyjne dotyczące zwiększenia wydajności są zobrazowane na rysunku 8, gdzie przedstawiony jest



Rys. 6. Dodatkowe elementy grzewcze
Fig. 6. Additional heating elements



Rys. 7. Ukończona instalacja pilotowa do wstępnego suszenia węgla brunatnego
 Fig. 7. Completed pilot plant for pre-drying brown coal



Rys. 8. Wytyczne konstrukcyjne komory fluidalnej o zwiększonej wydajności [5][6]

Fig. 8. Design guidelines for turbulence chamber with improved performance

nowy układ komory oraz układ rurek dogrzewających ścianki komory fluidalnej wraz z ideą nowego grzejnika wewnętrznego.

Zwiększenie wydajności nie wymaga znacznych zmian gabarytowych samej komory fluidalnej, jednak w związku z

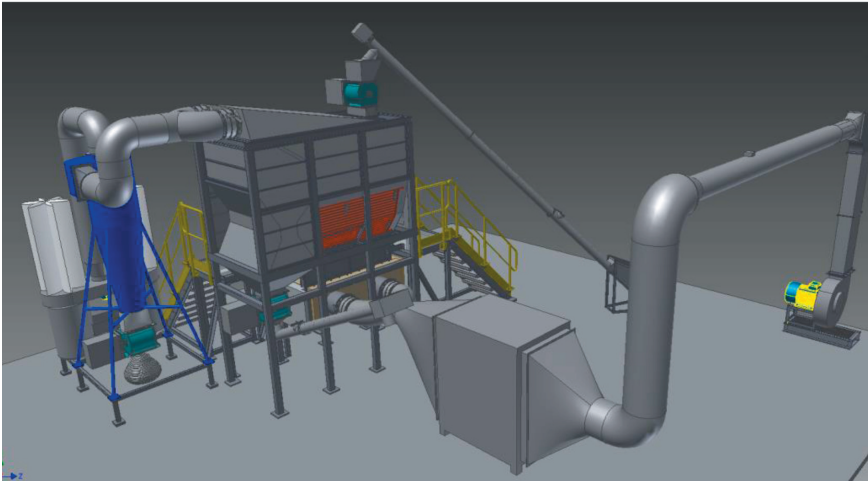
tym, jak i doświadczeniami na instalacji pilotowej, przeprowadzono gruntowną „modernizację” konstrukcji stalowej, jak i elementów wewnętrznych.

Układ instalacji jaki zaprezentowano na rysunkach 9 i 10 jest przykładowy, elementy peryferyjne są jedynie uzupełnie-

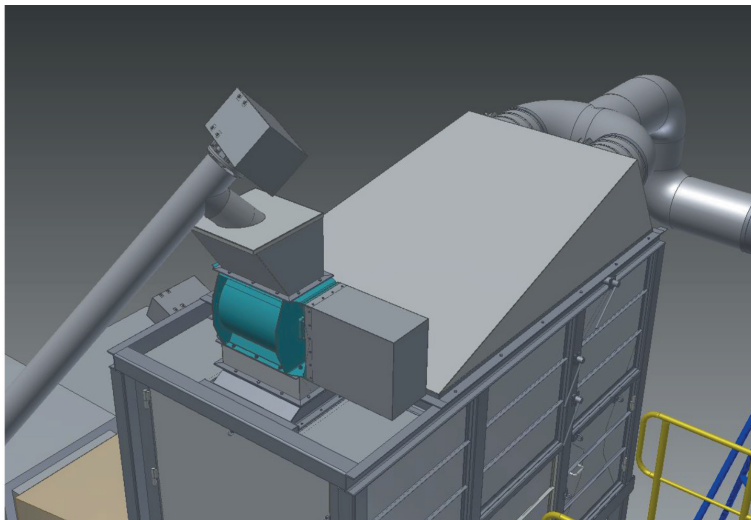


Rys. 9. Widok główny modelu instalacji do celów komercyjnych przeznaczonej dla przemysłu [5]

Fig. 9. Main view of the model for commercial installation targeted for industry



Rys. 10. Widok pomocniczy modelu (z drugiej strony) dla zobrazowania położenia wszystkich elementów [5]
 Fig. 10. Auxiliary view of the model (view of the other part) to illustrate the position of all the elements



Rys. 11. Górna część instalacji z zasypem węgla oraz częścią odbierającą pył węglowy [5]
 Fig. 11. The upper part of the installation of the chute brown coal and brown coal dust receiving portion

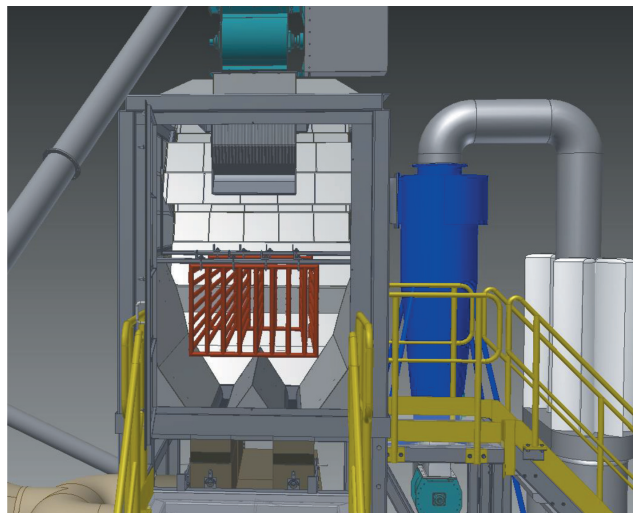
niem idei, która jest oparta na komorze fluidalnej umieszczonej w centrum. Sposób doprowadzenia ciepłego powietrza może być realizowany w różny sposób, tak jak i odprowadzenie pyłów i samego węgla. Tutaj założono rozwiązania przejęte wprost z instalacji pilotowej.

Zasyp węgla realizowany przykładowo przez przenośnik ślimakowy i autorski system dozowania węgla pozwala na równomierne i sterowalne dostarczanie węgla do komory flu-

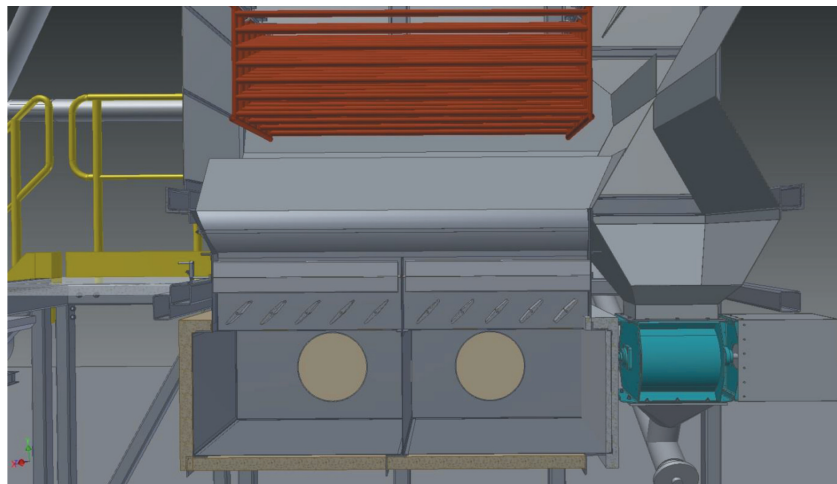
idalnej, co zapewnia układ przedstawiony na rysunku 11. Na rysunku tym widoczna jest też zbiorcza pokrywa na komorę odbierającą pył węglowy.

Rysunek 12 przedstawia zamodelowaną komorę fluidalną na podstawie wytycznych (rys. 8), gdzie zwrócić należy uwagę na podwojony wpływ podgrzanego powietrza do komory oraz grzejnik rurowy podwieszony w środkowej jej części.

Przekroje pokazane na rysunkach 13, 14 i 15 przedstawiają

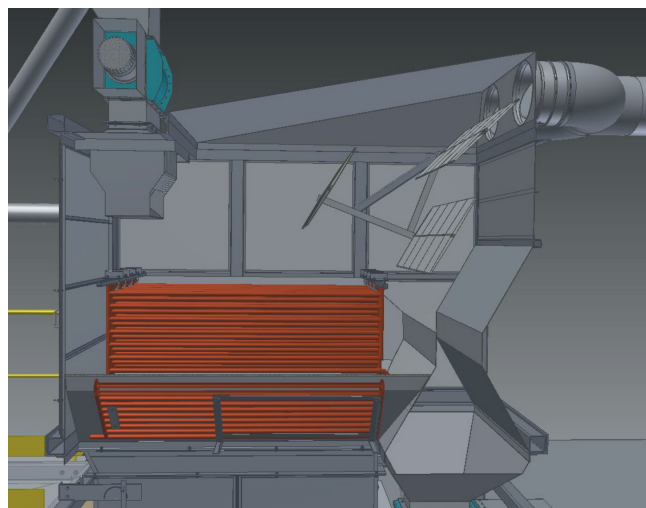


Rys. 12. Widok instalacji od przodu przy otwartych drzwiach [5]
 Fig. 12. Front view of the installation with the open door



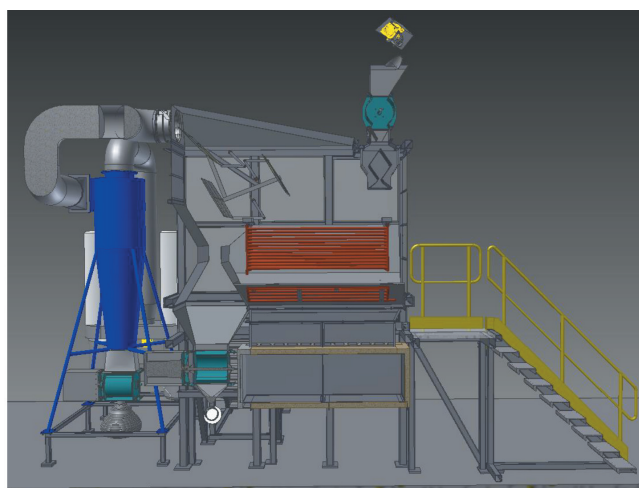
Rys. 13. Przekrój skrzynki rozprężnej i części komory fluidalnej z widocznym położeniem kierownic poprzecznych i wzdłużnych, umiejscowionych w skrzynce rozprężnej [5]

Fig. 13. Cross section of the plenum and parts of the turbulence chamber with a prominent position transverse and longitudinal steering wheel , localized in the plenum



Rys. 14. Przekrój przez komorę fluidalną – dla zobrazowania położenia elementów sterujących [5]

Fig. 14. Cross-section through the turbulence chamber in order to illustrate the position of the controls



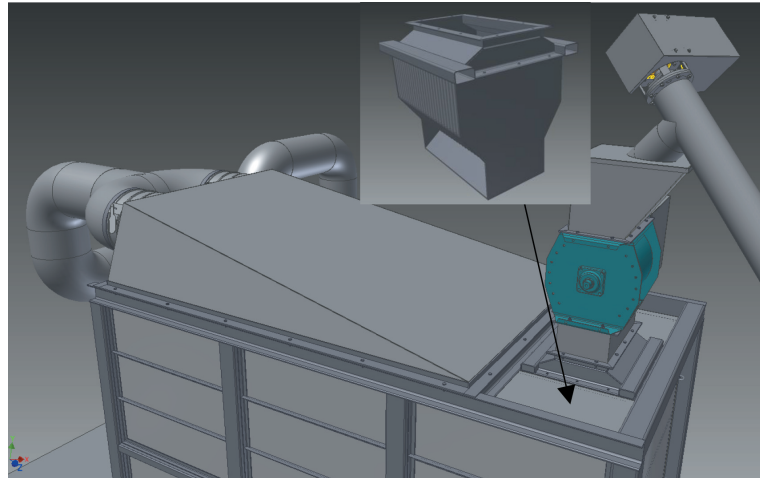
Rys. 15. Widok modelu instalacji pilotowej z boku, gdzie po lewej stronie widać cyklon z konstrukcją wsporcą [5]

Fig. 15. Pilot plant model view from the side, where on the left side is showing cyclone supporting structure

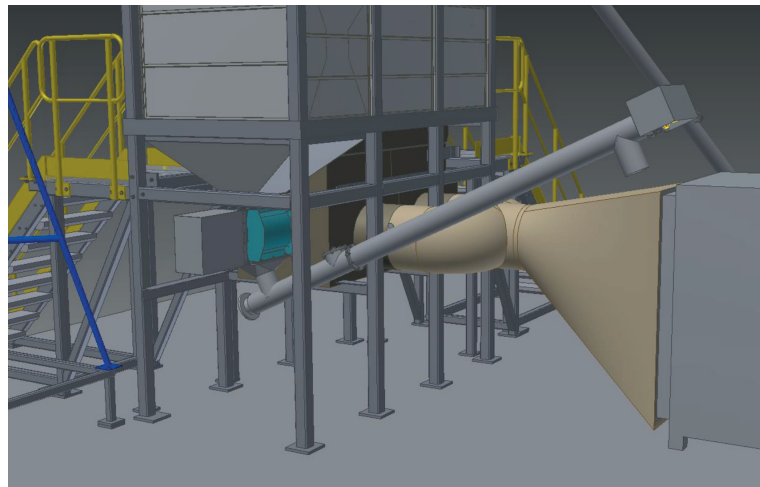
wnętrze instalacji zaprojektowanej w nowy sposób, wskazywany już wcześniej, a dotyczący konstrukcji blach „samonośnych” spawanych na montażu, co zapewni szczelność przy niedużych wymaganiach jakościowych dla wykonawcy. Konstrukcja jest też przez to lżejsza ale trudniej demontowalna, co nie powinno być wadą dla instalacji pracującej w sposób ciągły.

W odróżnieniu od doświadczalnej instalacji pilotowej w instalacji dla celów przemysłowych ograniczono ilość podestów obsługowych do minimum. Zapewnione jest dojście do elementów otwieranych umożliwiających dostęp do komory fluidalnej oraz do elementów ręcznego sterowania kierownicami.

Szkielet stalowy w instalacji pilotowej był wypełniony



Rys. 16. Widok na element rozsywu węgla w zabudowie i osobno [5]
Fig. 16. View of the element brown coal chute built-in and separately



Rys. 17. Odbiór wysuszonego węgla realizowany przez przenośnik ślimakowy [5]
Fig. 17. Pick of the dried brown coal implemented by a screw conveyor

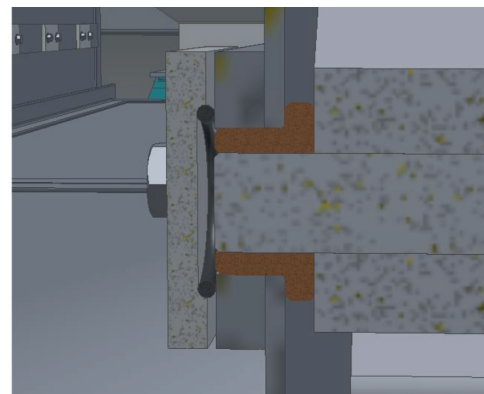
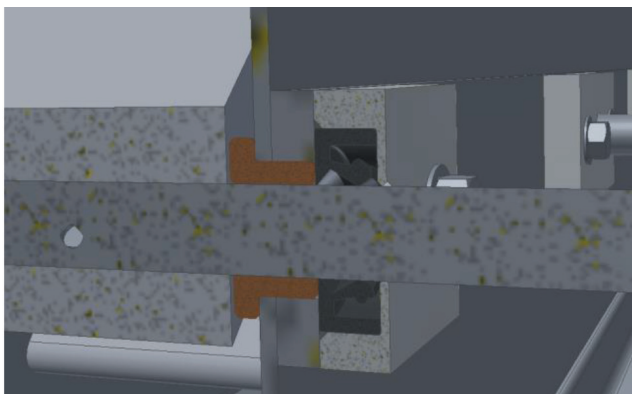
witrynami okiennymi dla umożliwienia podglądu procesu suszenia ze względów badawczych. W instalacji dla celów przemysłowych konstrukcję stalową uzupełniono wstawianymi pakietami blach wzmocnionych kształtownikami dla uniknięcia pulsowania ścianek komory fluidalnej.

Istotnym elementem instalacji jest zasyp węgla (rys. 15 i 16). Stosując śluzę celkową występuje pewien kłopot z równomiernością dozowania węgla, dlatego zastosowano widoczny na rysunku 15 zsyph zbierający węgiel przed dojściem do właściwego elementu rozsywu z możliwością jego dodatkowego rozbijania sprężonym powietrzem, jeśli takie

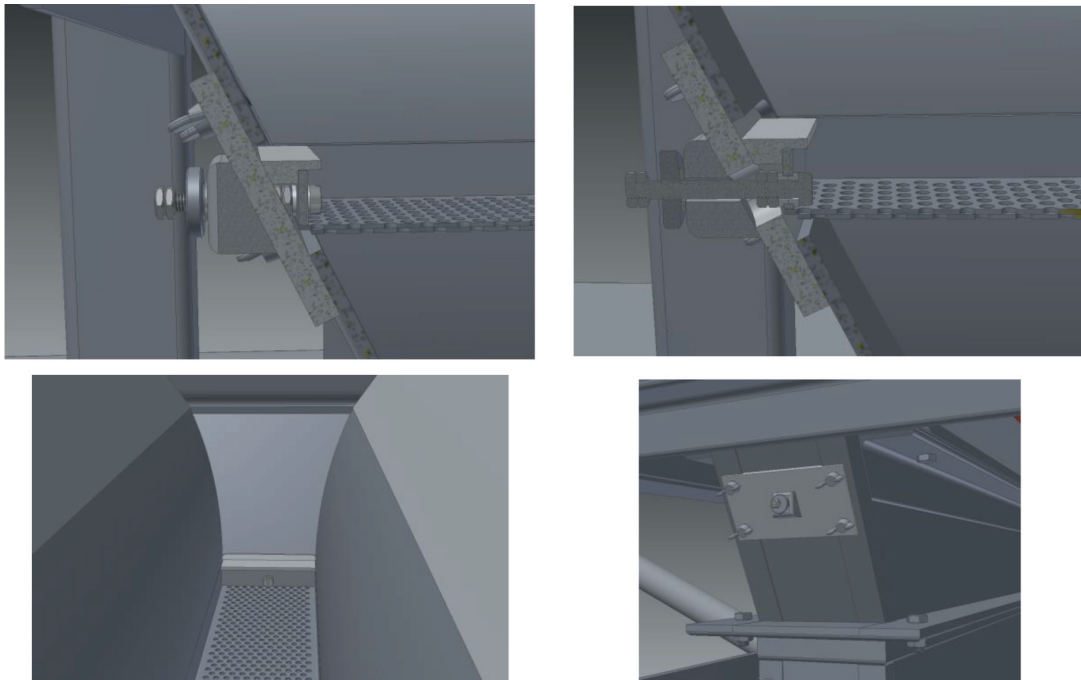
jest doprowadzone.

Wysuszony węgiel zbiera się grawitacyjnie w leju na końcu komory, który zamknięty jest śluzą celkową, wprowadzającą węgiel do przenośnika odbierającego, który może być ustawiony pod kątem zależnym od sposobu dalszego odbioru. Do celki można dołączyć jakiś inny system odbioru węgla w zależności od zapotrzebowań.

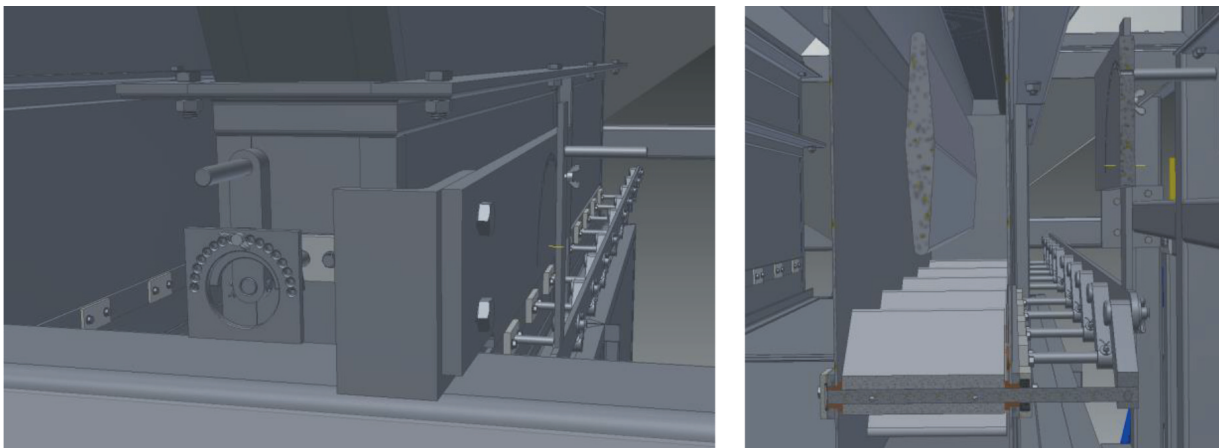
W przypadku instalacji tego typu, gdzie mamy do czynienia z pyłem węglowym trzeba zwrócić uwagę na wszelkie połączenia, aby zapewnić szczelność przy zastosowaniu połączeń zakładkowych oraz uszczelek gumowych itd. Urządzenia



Rys. 18. Przykłady uszczelnienia elementów obrotowych (kierownic poprzecznych) [5]
Fig. 18. Seal rotating elements examples (transverse steering)



Rys. 19. Dno sitowe – rozwiązanie przesuwne dzięki połączeniu gwintowemu [5]
 Fig. 19. The bottom of the sieve - a sliding solution with the threaded connection



Rys. 20. Regulacja przepływu powietrza kierownicami wzdłużnymi i poprzecznymi [5]
 Fig. 20. Air flow control vanes longitudinal and transverse

elektryczne i wrażliwe na pył dla bezpieczeństwa powinny być osłonięte chyba że są przystosowane do takich warunków pracy.

Ważnym elementem takiej instalacji jest oddzielenie skrzynki rozprężnej od komory fluidalnej. Musi być tu zapewniony przepływ powietrza, ale także możliwość jego odcięcia, tak żeby podniesiony węgiel i pył nie opadł do skrzynki rozprężnej.

Na rysunku 19 przedstawiono system dna sitowego z gwintową regulacją, gdzie przy niewielkim obrocie śruby można zamknąć lub otworzyć przepływ powietrza. Natomiast samo

kierowanie strugą powietrza pokazano bliżej na rysunku 20.

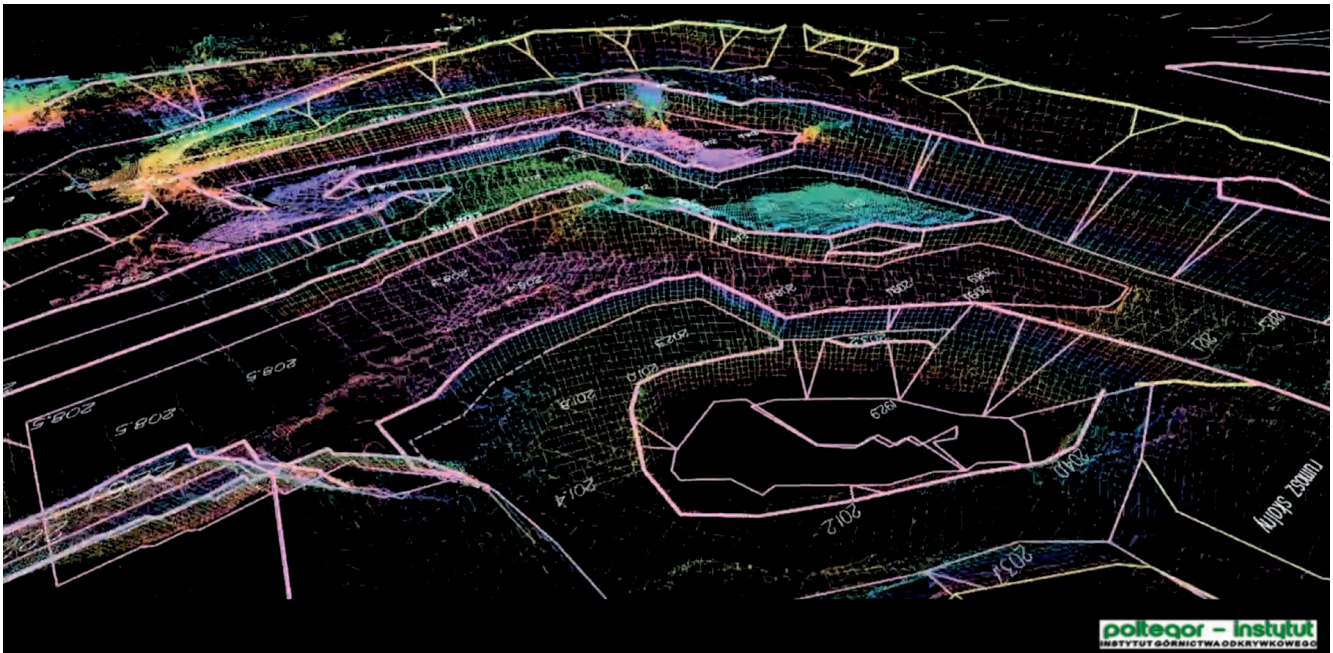
Podsumowanie

Podsumowując, instalacja pilotowa do wstępnego suszenia węgla brunatnego dała wiele odpowiedzi, jak konstruować tego typu instalacje, ale trzeba sobie też zdawać sprawę, że wdrożenie nowej instalacji w skali przemysłowej będzie wymagało dopracowania jej dla konkretnych warunków lokalizacyjnych i technicznych.

Opisywany projekt był współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz budżetu państwa.

Literatura

- [1] Alenowicz J., Rosik R., *Wybór koncepcji prototypowej instalacji w skali pilotowej w oparciu o wyniki prac zadań 1,2,3*, Wrocław, czerwiec 2011, praca niepubl., nr arch.: 6267/IGO (POIG.01.03.01-00-040/08)
- [2] Alenowicz J., Rosik R., *Przygotowanie koncepcji prototypowej instalacji pilotowej – opracowanie dokumentacji technologicznej*, Wrocław, kwiecień 2012, praca niepubl., nr arch.: 6487/IGO (POIG.01.03.01-00-040/08)
- [3] Alenowicz J., Jędrychowski W., Rosik R., *Przygotowanie dokumentacji konstrukcyjnej prototypowej instalacji pilotowej*, Wrocław, styczeń 2013, praca niepubl., nr arch.: 6591/IGO (POIG.01.03.01-00-040/08)
- [4] Alenowicz J., Jędrychowski W., Rosik R., *Budowa prototypowej instalacji pilotowej*, Wrocław, marzec 2014, praca niepubl., nr arch.: 6718/IGO (POIG.01.03.01-00-040/08)
- [5] Alenowicz J., Jędrychowski W., Rosik R., *Badania i modyfikacje prototypowej instalacji pilotowej w części konstrukcyjnej i budowlanej*, Wrocław, czerwiec 2015, praca niepubl., nr arch.: 6820/IGO (POIG.01.03.01-00-040/08)
- [6] Pawlak-Kruczek H., Lichota J., Plutecki Z., *Wytyczne dla potrzeb budowy instalacji pilotowej*, Wrocław czerwiec 2011, praca niepubl.
- [7] Pawlak-Kruczek H., Plutecki Z., *Wstępne suszenie węgla brunatnego do celów energetycznych*, W: Suszenie węgla niskogatunkowego, Racibórz: Wydawnictwo „Nowa Energia”, 2014, ISBN 978-83-928582-9-4, s.5
- [8] Plutecki Z., Michalski M., *Niskotemperaturowe suszenie węgla brunatnego dla energetyki zawodowej - Badania własne*. Górnictwo Odkrywkowe Nr 3-4/2012, s. 50-57
- [9] Plutecki Z., Zator S. Nowosielski G. i inni, *Raport roczny z realizacji zadań projektu POIG.01.03.01-00-040/08*, Opole, styczeń 2010, praca niepubl.



Kopalnia Granitu Morów - mapa 3d wyrobiska (1)

fot. Laboratorium NSI (Sławomir Patla)