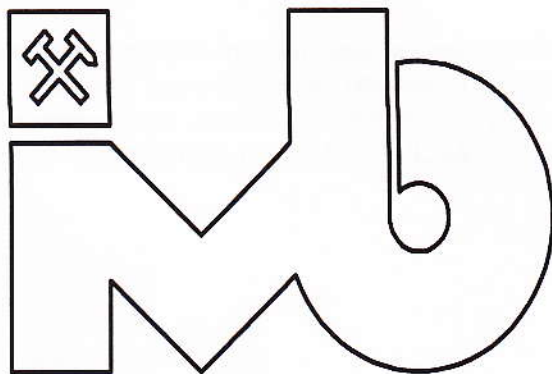


INSTYTUT
MECHANIZACJI
BUDOWNICTWA
I GÓRNICWA
SKALNEGO



ul. Racjonalizacji 6/8
02-673 Warszawa
telefon 843-02-01

Tytuł pracy: Projekt LIFE+ „LIFE11 ENV/PL/442 “Mobile demonstration line for generation of renewable energy from micronised biomass”

Działanie : A1 Przygotowanie założeń technicznych do technologii

Zleceniodawca (nazwa i adres): IMBIGS

Wyszczególnienie	Stopień naukowy imię i nazwisko	Data	Podpis
Autorzy	mgr inż. Włodzimierz Marczenko	30.11.2012	
	dipl.sp. Edyta Orłowska	30.11.2012	

Warszawa, dn.

Zatwierdzam

Nr umowy (tematu):

09-40/411-01/12

Czas/okres wykonywania pracy:

01.10.2012 – 30.11.2012

Notatka informacyjna (streszczenie pracy): Prace będące przedmiotem niniejszego sprawozdania obejmują przygotowanie założeń technicznych do opracowanej technologii w ramach projektu "Mobile demonstration line for generation of renewable energy from micronised biomass". Prace wykonane zostały zgodnie z harmonogramem przewidzianym w projekcie LIFE11 ENV/PL/442 .

SPIS TREŚCI

1. TYTUŁ PRACY.....	4
2. CEL PRACY.....	4
3. PODSTAWA WYKONANIA PRACY.....	6
4. CZAS I MIEJSCE REALIZACJI PRACY.....	6
5. ZESPÓŁ WYKONUJĄCY PRACĘ.....	6
6. SPRAWOZDANIE Z REALIZACJI ZADANIA A PROJEKTU LIFE + DZIAŁANIA PRZYGOTOWAWCZE	6
6.1 Harmonogram i zakres zadań do zrealizowania w Zakładzie Górnictwa Skalnego	6
6.2. Sprawozdanie z realizacji	7
6.2.1. Założenia techniczne dotyczące zespołu przyjęcia surowca, w którym dostarczony surowiec będzie przyjmowany i kierowany do wstępnej obróbki	8
6.2.2. Założenia techniczne dotyczące urządzeń i skomunikowanie logistyczne podzespołu wstępnego przygotowania surowca, w którym surowiec podlegał będzie przygotowaniu polegającemu na osuszeniu surowca oraz wstępnego rozdrobnienia.	12
6.2.3. Założenia techniczne dotyczące urządzeń i skomunikowanie logistyczne podzespołu mikronizacji polegającej w całości na doprowadzeniu cząstek mielonego materiału do postaci granulatu o średnicy < 100 mikrometra.....	13
6.2.4. Założenia techniczne dotyczące rodzaju i skomunikowanie logistyczne urządzeń do turbozespołu.....	17
7. Wnioski	22
8. Literatura.....	23

1. TYTUŁ PRACY.

Projekt LIFE+ "Mobile demonstration line for generation of renewable energy from micronised biomass". „ Instalacja demonstracyjna wytwarzania energii z surowców odnawialnych – mikronizowanej biomasy”

Działanie A1 Przygotowanie założeń technicznych do opracowanej technologii

2. CEL PRACY.

Rozwiązania technologiczne dotyczące wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej przy zastosowaniu pyłowego paliwa stałego z biomasy opracowane przez Wnioskodawcę, zostały zweryfikowane doświadczalnie przy zastosowaniu linii mikronizacji włókien z biomasy o wydajności około 1000 kg / godzinę. Na tej podstawie zostały ustalone główne parametry procesu umożliwiające zastosowanie nowoczesnych rozwiązań z wykorzystaniem paliwa pyłowego z biomasy do pozyskania energii ciepłej i elektrycznej w siłowniach kogeneracyjnych turbinowych.

Proces mikronizacji, polegający na rozdrobnieniu sposobem RESS (Rapid Expansion of Supercritical Solutions - szybki wzrost nadkrytycznych parametrów), ma charakter fizyczny i w tym czasie nie zachodzą żadne reakcje chemiczne. Tym samym nie potrzeba żadnych katalizatorów, ani też nie powstają żadne produkty uboczne. W związku z gwałtownym odparowaniem, w wyniku wytworzonego wskutek powstałego przy rozerwaniu włókien biomasy ciepła, wraz z wodą wydziela się wśród innych składników zalegających w przestrzeni pomiędzy włókienną również chlor, który natychmiast ulega wiązaniu reaktywnemu z powietrzem. Dlatego produkt wyjściowy posiada lepszy skład jakościowo - ilościowy pod kątem cech procesowych spalania niż materiał poddany rozdrobnieniu.

Proces rozdrobnienia sposobem RESS (Rapid Expansion of Supercritical Solutions - szybki wzrost nadkrytycznych parametrów) polega w całości na doprowadzeniu cząstek mielonego materiału do stanu, w którym następuje przekroczenie wartości sił międzycząsteczkowych.

Uzyskuje się to przez wprowadzenie drobiny mielonego materiału w przestrzeń pomiędzy dwoma wirującymi rotorami o specjalnej konstrukcji. Zawierania powietrza występujące w przestrzeni międzyrotorowej mają kształt współosiowych torusów wirujących z ponaddźwiękowymi prędkościami w przeciwnie strony.

Podczas przekraczania przez ziarno kolejno po sobie następujących stref granicznych torusów, poddane jest ono ustawicznie przeciwnie skierowanym siłom rozciągania i ściskania, z jednoczesnym skręcaniem w przeciwnie strony. W bardzo krótkim okresie czasu $< 0,001$ s cząstka taka wpada w rezonans tak silny, że następują jednocześnie zjawiska implo i eksplozji, prowadzące do rozerwania ziarna na granulaty o średnicy $< 100 \mu\text{m}$.

Wytworzenie paliwa z biomasy zgodnego z wymogami nowoczesnych maszyn cieplnych jest uwarunkowaniem maksymalnego przybliżenia jego parametrów do obecnie używanych powszechnie paliw. Pyłowo - powietrzna mieszanka z zastosowaniem pyłu typu celulozy roślinnej jako paliwa chemicznego, dzięki jego mikronizacji zachowuje się podczas spalania w sposób zbliżony do gazu. Dlatego, jako najbardziej efektywna forma zastosowania paliw stałych, jest przyjęta w energetyce zawodowej do wysoko wydajnych kotłów. Szereg badań na silnikach spalinowych i doświadczenie w zastosowaniu do kotłów przemysłowych wskazuje, że mikronizacja i powierzchniowa modyfikacja paliwa stałego z biomasy jest konieczna do wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej z zastosowaniem silników turbinowych do siłowni kogeneracyjnych.

Proces mikronizacji i odpowiedni zespół wytwarzania paliwa pyłowego z biomasy do silnika kogeneracyjnej siłowni jest podstawowym i koniecznym warunkiem pracy takiej jednostki. Drugim koniecznym czynnikiem jest opracowanie i przebudowa komory spalania do takiego silnika, a w proponowanym rozwiązaniu – turbiny gazowej małej mocy. Rekuperator jest nie mniej ważnym elementem takiego zespołu, gdyż zapewnia odpowiedni, zgodny z nowoczesnymi wymogami poziom sprawności siłowni.

Wszystkie wymienione założenia zostały uwzględnione w technologicznym opracowaniu projektu realizowanym przez Wnioskodawcę .

Celem pracy jest wykonanie adaptacji technologii do zwiększonej skali produkcji, powodującej konieczność dopracowania założeń technicznych dotyczących:

1. rodzaju urządzeń i skomunikowanie logistyczne zespołu przyjmowania i wstępnego przygotowania surowca, w którym surowiec podlegał będzie wstępnemu przygotowaniu polegającemu na osuszeniu oraz wstępnemu rozdrobieniu.
2. rodzaju urządzeń i skomunikowanie logistyczne zespołu mikronizacji, polegające w całości na doprowadzeniu cząstek mielonego materiału do postaci granulatu o średnicy $< 100 \mu\text{m}$.
3. projektu i budowy zespołu mini kogeneracyjnej siłowni – bloku energetycznego zasilanego paliwem pyłowym z biomasy rolnej (słoma) oraz skomunikowanie logistyczne urządzeń do turbozespołu.

3. PODSTAWA WYKONANIA PRACY.

Praca została zrealizowana na podstawie umowy 09-40/411-01/12, zgodnie z przyjętym harmonogramem pracy.

4. CZAS I MIEJSCE REALIZACJI PRACY.

Pracę wykonywano w Zakładzie Górnictwa Skalnego oraz na stanowisku badawczym w Zakładzie Mikronizacji Tarczyn w okresie październik - listopad 2012 r.

5. ZESPÓŁ WYKONUJĄCY PRACĘ.

mgr inż. Włodzimierz Marczenko

sp. Edyta Orłowska

6. SPRAWOZDANIE Z REALIZACJI ZADANIA A PROJEKTU LIFE +

- DZIAŁANIA PRZYGOTOWAWCZE

6.1 Harmonogram i zakres zadań do zrealizowania w ramach projektu.

W harmonogramie projektu LIFE + następująco określono zakres i sposób realizacji zadania A1, do wykonania przez specjalistów merytorycznych z Zakładu Górnictwa Skalnego :

Zadanie A1 Przygotowanie założeń technicznych do opracowanej technologii

- Liczba zaangażowanych pracowników – 2
- Okres zaangażowania pracowników – 1.10.2012 – 30.11.2012
- Planowana ilość roboczodni poświęconych na działanie ogółem – 120
- Planowany łączny koszt – 15 600 Euro

Terminarz:

- założenia techniczne dotyczące zespołu przyjęcia surowca, w którym dostarczony surowiec będzie przyjmowany i kierowany do wstępnej obróbki, **do dnia 30.11.2012;**

- założenia techniczne dotyczące urządzeń i skomunikowanie logistyczne zespołu wstępnego przygotowania surowca, w którym surowiec podlegał będzie wstępnemu przygotowaniu polegającemu na osuszeniu surowca oraz wstępnemu rozdrobnieniu, **do dnia 30.11.2012;**

- założenia techniczne dotyczące urządzeń i skomunikowanie logistyczne zespołu mikronizacji polegające w całości na doprowadzeniu cząstek mielonego materiału do postaci granulatu o średnicy < 100 µm, **do dnia 30.11.2012;**

- założenia techniczne dotyczące rodzaju i skomunikowanie logistyczne urządzeń do turbozespołu, **do dnia 30.11.2012.**

6.2. Sprawozdanie z realizacji

Na podstawie zrealizowanych dotychczas prac doświadczalnych w skali laboratoryjnej i próby w skali technicznej opracowano założenia techniczne, dotyczące realizacji poszczególnych procesów technologicznych.

Projekt LIFE+ zakłada zaprojektowanie linii do zespołu paliwowego o wydajności produkcyjnej ok. 2 Mg/h pyłu energetycznego z biomasy zmikronizowanej oraz zespołu energetycznego kogeneracyjnego o mocy elektrycznej ok. 1 MW oraz cieplnej ok. 1,5 MW. Wymienione podzespoły stanowią siłownię kogeneracyjną. Z uwagi na demonstracyjny charakter pracy siłowni kogeneracyjnej, przewiduje się okresowe uruchamianie na maksymalnie 1 zmianowy cykl pracy, co oznacza, że ilości stosowanych surowców oraz materiałów eksploatacyjnych przewidzianych w trakcie pracy siłowni kogeneracyjnej jako demonstracyjnej, będą okresowo uzupełniane (dostarczane) na czas uruchomienia. Z głównych założeń dotyczących % udziału poszczególnych składników wynika, iż dla zakładanego czasu pracy potrzeba maksymalnie ~ 30 Mg słomy na dobę w postaci balotów rolnych.

W celu ograniczenia wpływu zmienności składników przeznaczonych do wytwarzania paliwa zakłada się pozyskiwanie surowca z tego samego źródła. W przypadku słomy zbożowej, o ile jest to możliwe, należy zapewnić ilość surowca wystarczającą do ½ rocznej pracy siłowni kogeneracyjnej. Dostarczony surowiec powinien być jednorodny w całej partii, o jakości niewymagającej dodatkowej przeróbki poza przewidywaną w niniejszym dokumencie (bez znacznych zanieczyszczeń mineralnych niewłaściwych rodzajowo).

Wsad słomy należy dostarczać zawsze z tego samego gospodarstwa. Założenia techniczne dotyczące poszczególnych węzłów technologicznych są ściśle związane z założeniami organizacyjnymi i ekonomicznymi dotyczącymi funkcjonowania siłowni kogeneracyjnej i nie będą one rozstrzygnięte w niniejszym opracowaniu (miejsca pozyskania surowca, właściwości dostarczonego surowca, poza przypadkami, gdzie są one narzucone wymaganiami technologicznymi a dodatkowa przeróbka nie umożliwia zmiany właściwości, aby spełniał on wymagania technologii).

6.2.1. Założenia techniczne dotyczące urządzeń i skomunikowanie logistycznego podzespołu przyjęcia surowca, w którym dostarczony surowiec będzie przyjmowany i kierowany do wstępnej obróbki. Opracowane założenia dotyczą następujących elementów:

1. Stół podawczy poziomy balotów słomy na własnej konstrukcji wsporczej.
Zakłada się, że surowiec dostarczony w balotach rolnych o wadze pomiędzy 100 do 200 kg będzie rozładowany na stół podawczy poziomy na własnej konstrukcji wsporczej, który poprzez obracanie wokół osi przeladuje balot dzięki oddziaływaniu grawitacyjnemu na stół podawczy skośny, służący dalszemu transportowaniu. Dobór budowy stołu podawczego poziomego zapewnia optymalny czas i prostotę wykonania ułożenia balotów na stole podawczym skośnym, transportującym baloty do rozwijacza słomy.
2. Stół podawczy skośny balotów słomy na własnej konstrukcji wsporczej to ruchomy układ, który pozwala na ułożenie optymalnej ilości balotów oraz zapewnienie ich stałego i równomiernego transportu do rozwijacza słomy przed szarpaczem niskoobrotowym. Urządzenia powinny być zintegrowane i powiązane układem sterowania mechanizmu napędowego ze stołem podawczym poziomym oraz rozwijaczem słomy, celem zapobiegania zakorkowania lub arytmiczności podawania balotów.
3. Rozwijacz słomy, w zależności od wyboru szarpacza-sieczkarni słomy, pełni rolę urządzenia ułatwiającego oraz przyspieszającego rozdrobnienie słomy do rozmiaru odpowiedniego do wymogów transportu pneumatycznego oraz kolumny fluidalnego suszenia. W niektórych modelach szarpacza-sieczkarni słomy nie jest koniecznym zastosowanie rozwijacza słomy, dlatego konieczność zastosowania wymienionego urządzenia jest zależna od wyboru szarpacza-sieczkarni słomy.
4. Szarpacz - sieczkarnia słomy powinien być gotów do przerobienia nie tylko normalizowanego surowca o wilgotności 15%, ale również fragmentów słomy o złej jakości wraz z zanieczyszczeniami ciałami obcymi. Jest jednym z podstawowych elementów właściwego wyboru wraz z urządzeniem mikronizacji, dla założeń stałej i bezpiecznej pracy całego zespołu. Przy właściwym przygotowaniu surowca w niskoobrotowym szarpacz - sieczkarni słomy i wysuszeniu przy jednoczesnym oczyszczaniu (wychwytywaniu zanieczyszczeń mineralnych) w suszarni fontanno-fluidalnej sieczki słomy, przedprzemiał może być wykonany tańszym nakładem w prostszym konstrukcyjnie urządzeniu. Wydajność szarpacz - sieczkarni słomy powinna być odpowiednio większa od wydajności podzespołu mikronizacji ze względu na różnice, które będą występować w pierwszej kolejności w tym urządzeniu. Po suszarni fontanno-fluidalnej sieczki słomy i wyłapywaczu

zanieczyszczeń, przed podaniem do młyna bijakowego dla wstępnego przemielenia, surowiec będzie już stosunkowo powtarzalny.

Szarpacz – sieczkarnia powinna zapewnić przerób surowca, słomy zbożowej o wilgotności od 30% do 15% w trybie pracy znamionowym, przy tym w trybie pracy krótkoterminowym maksymalna wilgotność materiału dopuszczalnego do rozdrobnienia przy nieistotnym spadku wydajności powinna mieć możliwość wykazania do wartości 59% wody w składzie surowca ze słomy.

5. Mieszadło buforowe do zabezpieczenia równomiernego podawania słomy poprzez układ przenośnika ślimakowego, dozującego do suszarni fontanno-fluidalnej siewki słomy wraz z wyłapywaczem zanieczyszczeń. Zależnie od konstrukcyjnych parametrów szarpacz – sieczkarnia może być koniecznym, by zapobiec korkowaniu grubej siewki w układzie transportowym oraz aby nie dopuścić do powstania pulsacji przy podawaniu surowca o różnej wilgotności i składzie do suszarni fontanno-fluidalnej siewki słomy.

6. Zabudowa ochronna przeciwpyłowa mieszadła buforowego słomy oraz systemu aspiracyjnego koniecznego dla uniknięcia zapylenia, które prowadzi do powodowania niebezpieczeństwa wybuchowego poprzez zgromadzenie drobnego pyłu zbożowego w miejscach oddziaływania elementów i części mechanicznych, w pierwszej kolejności obrotowych układów, gdzie może powstać lokalnie iskrzenie przy wpadaniu kawałków kamienia i powstanie iskier przy zderzeniu z elementami stalowymi.

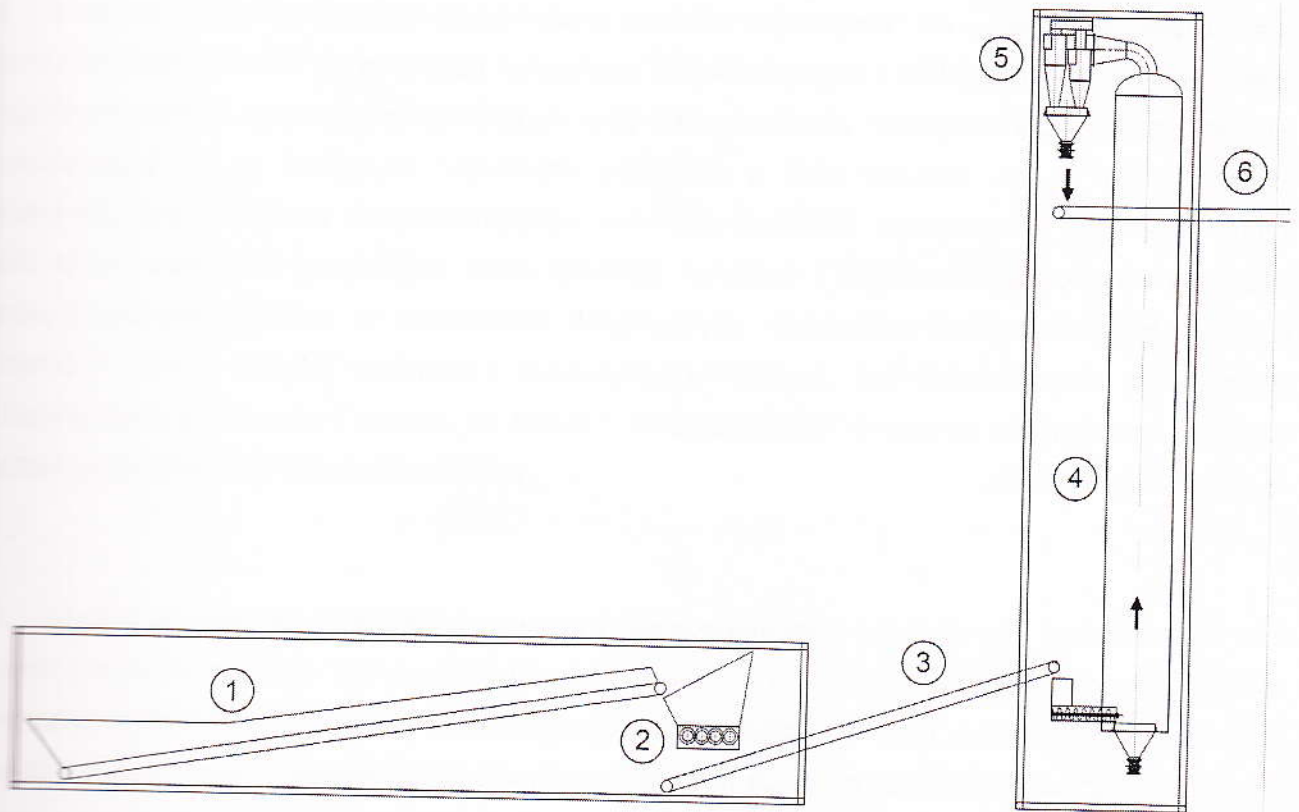
7. Łapacz kamieni z wysuwającym pojemnikiem na oddzielone kamienie, służący do wstępnego oczyszczania surowca, po przygotowaniu do suszenia, z większych cząstek zanieczyszczeń ciałami obcymi. Przy określonych rozwiązaniach, stosowanych do wyłapywania kamienia i większych zanieczyszczeń stosowanych w kolumnach suszenia fluidalnego, może nie być koniecznym i jego zastosowanie jest uzależnione od konstrukcji kolumny fluidalnej do suszenia, która może mieć rozbudowany własny system wyłapywania większych zanieczyszczeń typu kamienia jak i pyłu mineralnego.

8. Przenośnik ślimakowy elastyczny dozujący na suszarnię fontanno-fluidalną siewki słomy. Dobór przenośnika i określenie jego parametrów powinny uwzględnić stosunkowo szybkie zużycie z powodu zanieczyszczeń mineralnych, obecnych na tym etapie w surowcu, którym jest siewka wyprodukowana przez szarpacz - sieczkarnię słomy, o różnych rozmiarach siewki różnej wilgotności. To oznacza, że dobór średnicy elementów przesyłowych (spirale ślimakowe) i mechanizmów powinien uwzględnić częste nie liniowo powtarzające się przeciążenia oraz zużycie erozyjne ścianek. Nadmiar wydajności, w odniesieniu do stałych parametrów dotyczących jakości

surowca, powinien uwzględnić nietypowe spadki ilości transportowanej siewczki z powodu zawilgocenia, uszkodzeń biochemicznych i zanieczyszczenia mineralnego, w tym ziemią.

9. Konstrukcje modalne – kontenery techniczne i systemów łączenia wraz z układem transportu modalnego materiałów i mediów do podzespołu. Wszystkie opisane urządzenia dotyczące podzespołu wstępnego przygotowania surowca – siewczki słomy, powinny być zamontowane w kontenerze o rozmiarach standaryzowanych typu „kontener morski 40`HC”. System mocowań, konstrukcji wsporczych oraz łączeń pomiędzy elementami podzespołu powinien być dostosowany do wielokrotnych przeciążeń, związanych z transportowaniem kontenera i operacji rozładunkowo-załadunkowych. Powinien być zabezpieczony dostęp personelowi technicznemu do przeglądów i prac remontowo-naprawczych oraz oświetlenie i monitoring z zastosowaniem czujników i kamer telewizji przemysłowej do kluczowych punktów elementów i części mechanicznych wraz z zastrzeżeniami wynikającymi z wymogów norm ATEX.

Schemat podzespołu przyjęcia surowca z suszarnią fontanno – fluidalną siczki słomy.



- 1 – stół podawczy balotów;
- 2 - szarpacz-sieczkarnia niskoobrotowy;
- 3 - przenośnik siczki ślimakowy elastyczny;
- 4 – fontanno - fluidalna suszarnia kolumnowa z systemem wylapywania zanieczyszczeń obcych;
- 5 - układ odpowietrzania siczki;
- 6 - podajnik ślimakowy siczki.

6.2.2. Założenia techniczne dotyczące urządzeń i skomunikowanie logistyczne podzespołu wstępnego przygotowania surowca, w którym surowiec podlegał będzie przygotowaniu, polegającemu na osuszeniu surowca oraz wstępnemu rozdrobieniu.

1. Suszarnia fontanno-fluidalna siewki słomy powinna odpowiadać kilku zadaniom związanym z przygotowaniem siewki do przemiału wstępnego. Najważniejszym z nich jest suszenie powietrzem ogrzanym gazem spalinowym, powstałym przy pracy zespołu turbogeneratorskiej siewki płynnie poruszającej się w wirujących warstwach powietrza z dołu kolumny do jej górnej części. Konstrukcyjnie suszarnia fontanno-fluidalna powinna zapewnić równomierne rozłożenie masy siewki w warstwach poziomych całej średnicy kolumny i możliwość sterowania prędkości przemieszczenia zgodnie z założeniami procesowymi. Suszarnia fontanno-fluidalna powinna posiadać system łapaczy kamienia i zanieczyszczeń dużych, jak również pyłów mineralnych. Oczyszczanie powierzchni siewki od pyłów i zanieczyszczeń drobnych mineralnych powinno odbywać się przed lub w trakcie suszenia.

2. System służący do oddzielenia powietrza transportującego od materiału surowcowego jako siewkę słomy w składzie: cyklonu do oddzielania surowca, śluzy obrotowej do zamknięcia cyklonu, wentylatora promieniowego, filtra workowego do oczyszczania powietrza, przepustnicy regulacyjnej podciśnienia, konstrukcji wsporczej pod cyklony. System powinien spełnić parametry wynikające z technologicznych danych procesowych fontanno-fluidalnej suszarni. W pierwszej kolejności takie jak ilości powietrza, ilości siewki oraz parametrów granicznych wahania temperatury powietrza i wilgotności początkowej słomy. Regulacja wydajności systemu powinna zapewnić stały parametr prędkości ruchu siewki w warstwie gorącego powietrza.

3. Przenośnik ślimakowy elastyczny dozujący do młyna młotkowego. Dobór przenośnika i określenie jego parametrów powinny uwzględnić stosunkowo szybkie zużycie z powodu zanieczyszczeń w surowcu, którym jest siewka o różnych rozmiarach, wyprodukowana poprzez szarpacz - siewkarnię słomy. To oznacza, że dobór średnicy elementów przesyłowych (spirale ślimakowe) i mechanizmów powinien uwzględnić częste nie liniowo powtarzające się przeciążenia oraz zużycie erozyjne ścianek.

4. Młyn młotkowy służy do wstępnego przemiału suchej oczyszczonej siewki przed jej podaniem do urządzenia mikronizacji. Młyn młotkowy powinien spełniać warunki stałej pracy dla wydajności nie mniej niż 3 t/h oraz przerób minimalnej ilości ton przed wymianą młotków bijakowych według norm zwyczajowych stosowanych w energetyce zawodowej. Powinien uwzględniać tryb pracy

związany z jego posadowieniem w kontenerze, a co za tym idzie – prosty i nieskomplikowany sposób na wymianę młotków bijakowych bez demontażu elementów głównych młyna.

5. Przenośnik ślimakowy elastyczny do zbiornika mlewa z siewki słomy do zbiornika buforowego mikronizatora. Dobór przenośnika i określenie jego parametrów powinny uwzględnić stosunkowo szybkie zużycie. Dobór elementów przesyłowych (w tym spirale ślimakowe) i mechanizmów, powinien uwzględnić przeciążenia oraz zużycie erozyjne ścianek.

6. Zbiornik buforowy do urządzenia mikronizacji powinien zapewnić wykonanie trzech zadań technologicznych: magazynowanie celem równomiernego podawania surowca, wymieszanie go celem ujednoczenia podanego materiału oraz zapobiegania zawieszaniu oraz skwaleniu przed dozownikiem oraz dozownik kilkuzwojowy z układem wylotowym, pozwalającym na równomierne podawanie materiału do mikronizacji z zapobieganiem pulsacji. Przed wejściem materiału do wlotu urządzenia mikronizacji powinien być zainstalowany wychwytywacz magnetyczny o przepustowości siewki powyżej 3 500 kg na godzinę. Powinno się zastosować system podawania materiału do wlotu urządzenia mikronizacji.

7. Konstrukcje modalne – kontenery techniczne i systemów łączenia wraz z układem transportu modalnego materiałów i mediów do podzespołu. Wszystkie opisane urządzenia dotyczące podzespołu wstępnego przygotowania surowca – siewki słomy, powinny być zamontowane w kontenerze o rozmiarach standaryzowanych typu „kontener morski 40`HC”. System mocowań, konstrukcji wsporczych oraz łączeń pomiędzy elementami podzespołu powinien być dostosowany do wielokrotnych przeciążeń, związanych z transportowaniem kontenera i operacji rozładunkowo-załadunkowych. Powinien być zabezpieczony dostęp personelowi technicznemu do przeglądów i prac remontowo-naprawczych oraz oświetlenie i monitoring z zastosowaniem czujników i kamer telewizyj przemysłowej do kluczowych punktów mechanizmów mechanicznych wraz z zastrzeżeniami wynikającymi z wymogów norm ATEX.

6.2.3. Założenia techniczne dotyczące urządzeń i skomunikowanie logistyczne podzespołu mikronizacji polegającej w całości na doprowadzeniu cząstek mielonego materiału do postaci granulatu o średnicy $< 100 \mu\text{m}$. System zarządzania procesami technologicznymi linii produkcyjnej paliwa pyłowego z biomasy.

1. Jednostka mikronizacji powinna być urządzeniem do wytwarzania pyłu z siewki słomy w postaci homogennego mikronizowanego proszku o średnim rozmiarze ok. $100 \mu\text{m}$, przy czym wymiar większych cząstek nie powinien przekraczać $200 \mu\text{m}$, a wymiar mniejszych – $2 \mu\text{m}$.

Wydajność produkcyjna urządzenia do mikronizacji w zależności od rodzaju surowca nie powinna być mniejsza niż 2 000 kg na godzinę i osiągnąć zdolność do mikronizacji surowca typu mlewo ze słomy do 3 000 kg na godzinę. Wymiary urządzenia ze względu na jego zamocowanie w kontenerze nie może być większym gabarytowo niż 3000 x 1200 x 1400 mm.

Osobnym wymogiem technologii jest konieczność modyfikacji powierzchniowej mikroziarna biomasy do stopnia pełnej hydrofobowości. Wymóg polega na tym iż przy modyfikacji powierzchniowej, która odbywa się poprzez podaż mieszaniny specjalnego składu dokonuje się modyfikacja jako powleczenie osobne każdej cząsteczki, która wykorzystuje energię wytwarzaną przy wytłumieniu ruchu. Powtarzalność cyklu i jego ciągłość oraz szybkość procesu powinna zapewnić wysoką wydajność produkcyjną na poziomie przemysłowym.

2. Cyklon do oddzielania produktu wraz ze śluzą obrotową do zamknięcia cyklonu, lub baterii połączonych mini cyklonów ze śluzą obrotową do zamknięcia. Opisane urządzenie powinno odpowiadać wymogom transportu pneumatycznego jak i współdziałaniu z wentylatorem promieniowym układu. Powinno się zapewnić odbiór bezstratny całego wyprodukowanego paliwa jako zmikronizowanej słomy do układu załadunkowego podzespołu. Układ cyklonu wraz ze śluzą powinien zapewnić odbiór nie mniej jak 3 300 kg na godzinę produktu gotowego – pyłowego paliwa ze zmikronizowanej siewki słomy.

3. Filtrocyklon z wygarniaczem i zaworem celkowym, przepustnicą regulacyjną podciśnienia, wentylatorem promieniowym, działające w układzie transportu pneumatycznego powinny zapewnić sprawność działania na podstawie uwzględnienia wartości założonych: ilość powietrza od 1,2 do 1,5 m³/s, prędkość powietrza od 24 do 27 m/s.

Układ transportu pneumatycznego, w tym cyklonów i filtrocyklonów wraz z oprzyrządowaniem, powinien być zamontowany na własnych konstrukcjach wsporczych, opracowanych odpowiednio do rozmiarów kontenerów modalnych, w których zostanie umiejscowiony.

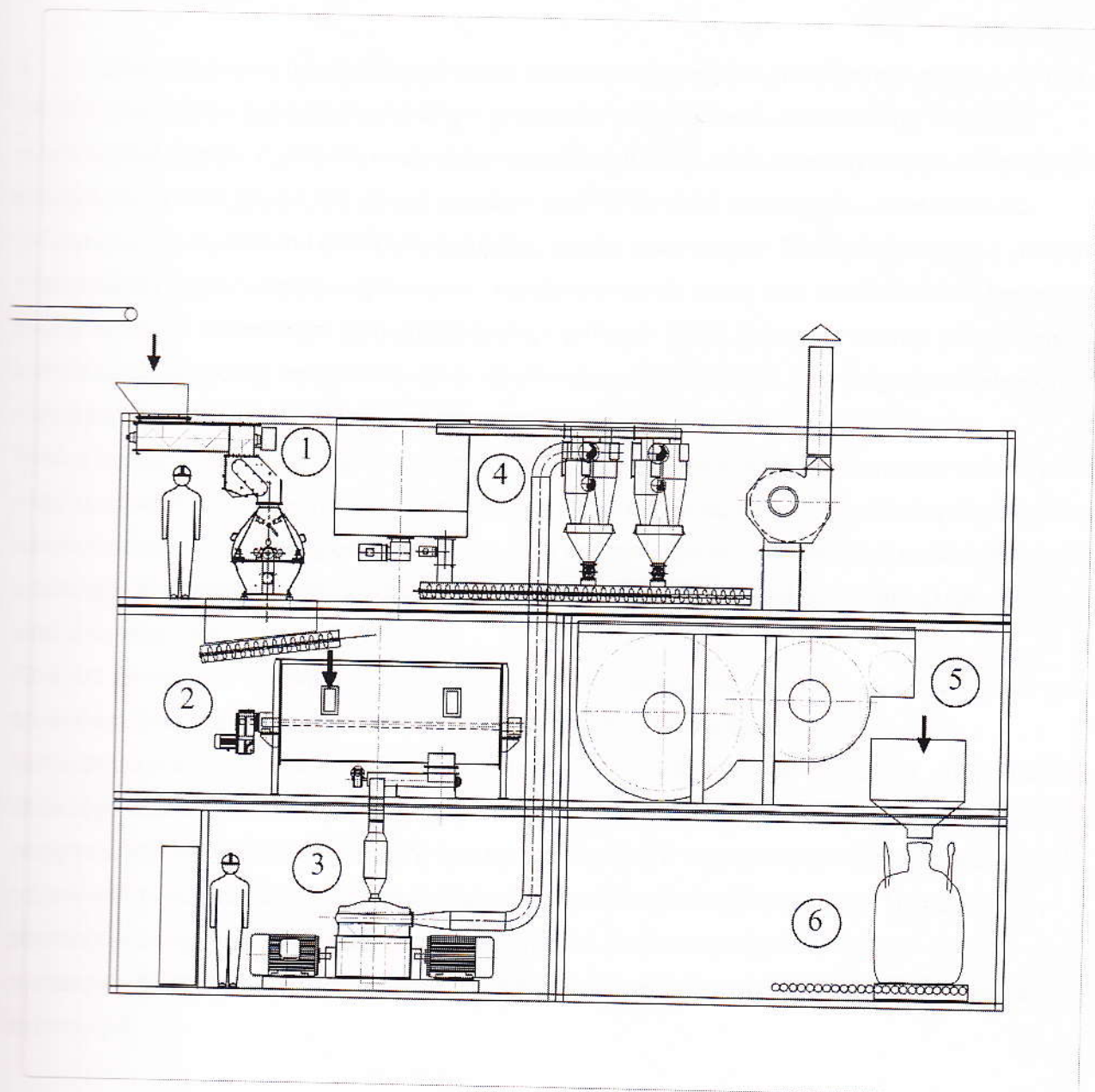
4. Zbiornik buforowy gotowego produktu – paliwa pyłowego ze zmikronizowanej siewki słomy powinien spełniać wymagania magazynowania pyłów pod kątem zagrożenia wybuchowego, jak również zapobiegania skwaleniu, zbijania się w konglomerat, zawieszania się i efektowi elektryzowania materiału, przemieszczającego się w zbiorniku.

Układ rozładunkowy – załadunkowy podzespołu mikronizacji powinien uwzględniać co najmniej trzy możliwości funkcjonalne: rozładunek do kontenerów elastycznych typu Jambo-Bag, bezpośredni transport mechaniczny poprzez podajnik ślimakowy elastyczny do zespołu energetycznego oraz odbiór do układu załadunku kontenerów transportowych do pyłowego paliwa ze zmikronizowanej słomy zbożowej.

Przepustowość układu rozładunkowego powinna minimalnie przekraczać zdolność produkcyjną podzespołu mikronizacji i stanowić nie mniej jak 3 500 kg na godzinę paliwa pyłowego z biomasy.

7. Konstrukcje modalne – kontenery techniczne i systemy łączenia wraz z układem transportu modalnego materiałów i mediów do podzespołu. Wszystkie opisane urządzenia dotyczące podzespołu wstępnego przygotowania surowca – siewki słomy, powinny być zamontowane w kontenerze o rozmiarach standaryzowanych typu „kontener morski 40'HC”. System mocowań, konstrukcji wsporczych oraz łączeń pomiędzy elementami podzespołu powinien być dostosowany do wielokrotnych przeciążeń, związanych z transportowaniem kontenera i operacji rozładunkowo-załadunkowych. Powinien być zabezpieczony dostęp personelowi technicznemu do przeglądów i prac remontowo-naprawczych oraz oświetlenie i monitoring z zastosowaniem czujników i kamer telewizji przemysłowej do kluczowych punktów mechanizmów mechanicznych wraz z zastrzeżeniami wynikającymi z wymogów norm ATEX.

Schemat podzespołu mikronizacji do wytwarzania paliwa pyłowego z biomasy z układem wstępnego przygotowania surowca.



- 1 - młyn bijakowy;
- 2 - zbiornik buforowy mlewa;
- 3 - urządzenie mikronizacji typu Rotor Pneumatic Mills;
- 4 - transport pneumatyczny z układem odpowietrzenia;
- 5 - zbiornik paliwa pyłowego z biomasy;
- 6 - węzeł załadunkowy.

6.2.4. Założenia techniczne dotyczące rodzaju i skomunikowanie logistyczne urządzeń do turbozespołu.

1. Silnik napędowy typu turbiny gazowej powinien odpowiadać charakterowi pracy, w tym w pierwszej kolejności specyficznemu w tym przypadku oddziaływaniu pozostałości, w postaci mikrocząstek popiołu na łopatki i cały układ napędowy turbiny. Jest przewidywalnym efekt nie tylko oddziaływania erozyjnego, ale co jest w dużym stopniu bardziej szkodliwym – podwyższona temperatura na łopatkach i obudowie wylotowej gazów spalinowych. Dlatego taka turbina powinna mieć większy stopień zapasu wytrzymałości i pozytywny wynik pracy przy poprzednio zastosowanym zasilaniu olejem napędowym jako alternatywnym paliwem. Silnik turbinowy osiowy, z możliwością technologicznej obsługi modułowej i nieco częstszej wymiany łopatek, jest jedynym odpowiednim rozwiązaniem przy paliwie pyłowym z biomasy.

Silnik powinien odpowiadać zapotrzebowaniu na napęd prądnicy do wygenerowania mocy 2 MWe i mieć możliwość zastosowania odpowiednich do paliwa komór spalania dobudowanych do obecnych komór korpusowych, ze względu na dłuższy czas spalania pyłowo - powietrznej paliwowej mieszanki o niższej w stosunku do gazu kaloryczności i obecności popiołu w spalinach napędzających łopatki wraz z powietrzem.

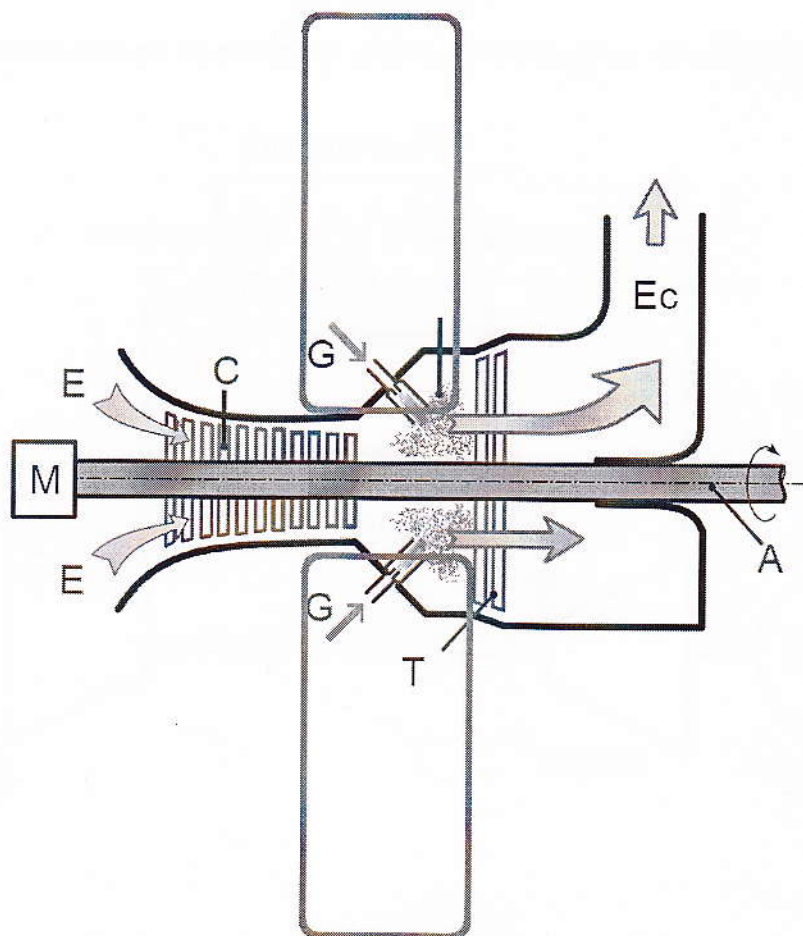
Również ze względu na charakter paliwa i przebieg procesu silnik powinien mieć odpowiedni system smarowania oraz jego zabezpieczeń, system chłodzenia oraz wentylacji.

Koniecznym jest adaptowany do procesu system rozruchu silnika i jego włączenia, odpowiedni do dłuższego czasu wyjścia na nominalny reżim ze względu na charakter paliwa, system wstępnego przygotowania silnika do włączenia, w tym podgrzewacza. Z tego powodu również powinien być odpowiednim blok załadowania baterii akumulatorów oraz sam układ startowy. Układ startowy powinien przewidywać silnik rozruchowy oraz system przystosowany do dłuższych cykli procesowych w stosunku do tradycyjnych, działających na gazie lub paliwie płynnym, silnikach turbinowych.

2. Układ zasilania paliwowego wraz z systemem buforowania i dozowania, powinien odpowiadać wymogom precyzyjnego dozowania przy trudnych warunkach zasilania komory pod nadzwyczajnym ciśnieniem oraz wymogom buforowania pyłowego paliwa i jego kontroli sitowej i detekcyjnej przed zasilaniem na wysokociśnieniowy dozownik. Zbiornik buforowy paliwa pyłowego powinien być dostosowany do charakteru paliwa i posiadać układ zapobiegania skwalaniu się i zawieszaniu się pyłu wewnątrz zbiornika. Zbiornik powinien zapewnić ciągłość zasilania minimum na 30 minut pracy turbozespołu.

3. Komora spalania na paliwo pyłowe z biomasy powinna posiadać palniki o odpowiednim typie dedykowane spalaniu pyłowo - powietrznej mieszanki oraz takie parametry i rozmiary aby zapewnić całkowite spalanie i zapobiec wlatywaniu niedopalonych cząsteczek do rotorów turbiny i kontaktowi z łopatkami napędowymi. Ilość elementów i ich posadowienie powinno szczegółowo odpowiadać wymogom procesowym oraz specyfice budowy komór korpusowych silnika turbinowego.

Schemat ideowy komory spalania do pyłowo – powietrznej mieszanki paliwowej.



M – przekładnia prądnicy;

E – zasilanie powietrza zimnego do sprężarki;

C – łopatki sprężarki zimnego powietrza;

G – komora spalania zewnętrzna z wtryskiem gorących gazów spalinowych;

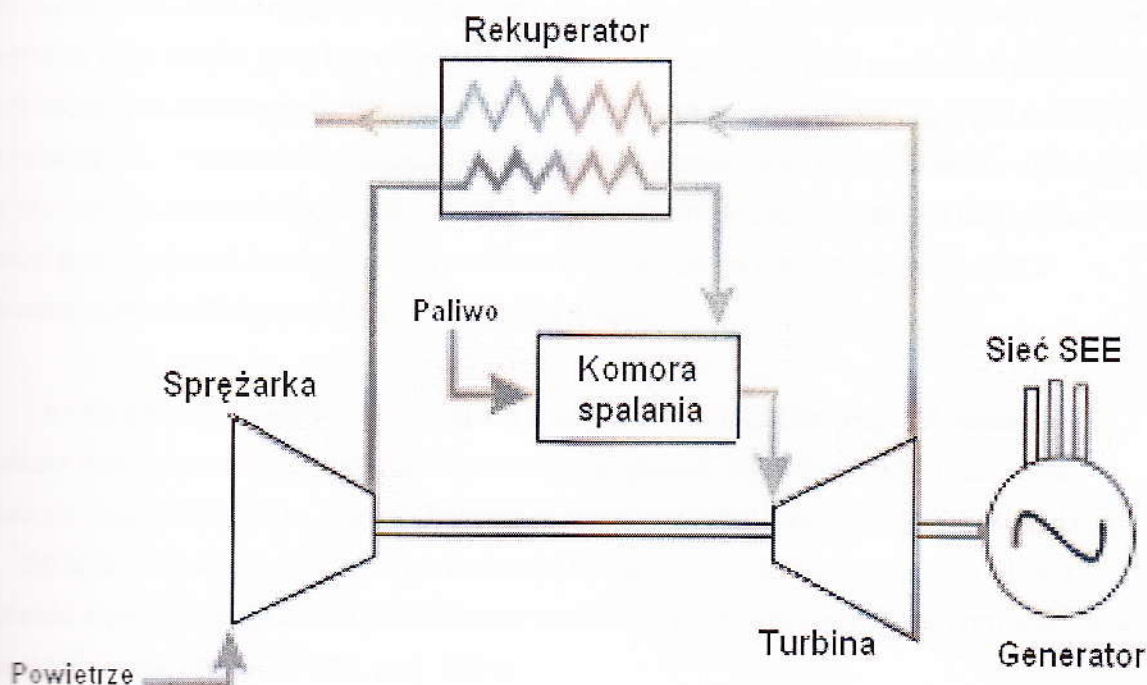
T – łopatki napędowe turbiny;

Ec – wylotowe gazy z powietrzem do rekuperacji;

A – wał osiowy główny turbiny.

4. Rekuperator do turbiny powinien być opracowany pod kątem jej konstrukcyjnych danych oraz oczekiwań procesowych w związku z charakterem paliwa. Stanowi kluczowy element silnika turbinowego wraz z komorami spalania i systemem zasilania oraz doбором łopatek zespołu napędowego turbiny, jako główny element pod kątem zabezpieczenia wysokiej sprawności turbozespołu. Opracowanie rekuperatora jest bezpośrednio związane z wybranym modelem komory spalania i decyduje o ostatecznej sprawności całego układu kogeneracyjnej siłowni.

Schemat obiegu cieplnego w silniku turbinowym z rekuperacją.



5. Dobór prądnicy wraz z przekładnią i układem sprzęgłowym, zespołem elektrycznym do zasilania podzespołów turbogeneratora oraz wykonanie stanowiska sterowni i systemu automatyki, układów kontrolnych i pomiarowych związane jest wyłącznie z wyborem silnika turbinowego. W pierwszej kolejności z jego podstawowymi parametrami zgodnie z charakterem zastosowania są:

- Moc nominalna, KW – 2500
- Częstotliwość głównego wału, min⁻¹ – 1000

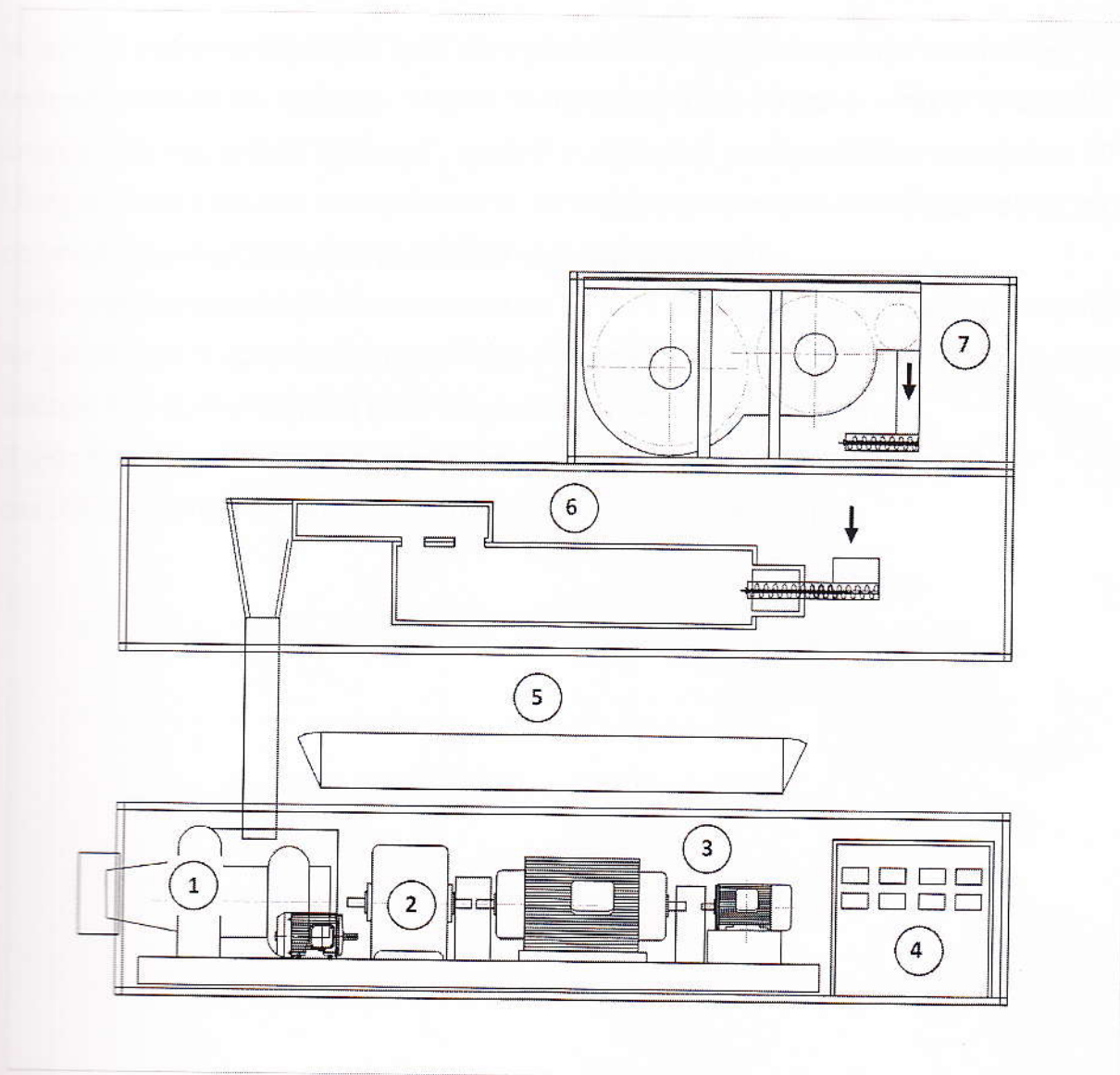
Poza głównymi parametrami, decydującymi o wyborze systemów zabezpieczenia funkcjonowania silnika turbinowego, istnieją również wymogi wynikające z przepisów BHP, środowiskowych oraz przeciwpożarowych, w tym dotyczące układu tłumienia dźwiękowego związanego z pracą turbiny. Wszystkie te parametry i opracowania szczegółowe jak i dobór podzespołów wprost są związane z wyborem silnika turbinowego i tylko na podstawie jego technicznych parametrów i konstrukcyjnych danych mogą być ustalone, opracowane oraz dobrane do konkretnej konfiguracji zespołu.

6. Konstrukcje modalne – kontenery techniczne i systemy łączenia wraz z układem transportu modalnego materiałów i mediów do podzespołu. Wszystkie opisane urządzenia dotyczące podzespołu wstępnego przygotowania surowca – siewczki słomy, powinny być zamontowane w kontenerze o rozmiarach standaryzowanych typu „kontener morski 40'HC”. System mocowań, konstrukcji wsporczych oraz łączeń pomiędzy elementami podzespołu powinien być dostosowany do wielokrotnych przeciążeń, związanych z transportowaniem kontenera i operacji rozładunkowo-załadunkowych. Powinien być zabezpieczony dostęp personelowi technicznemu do przeglądów i prac remontowo-naprawczych oraz oświetlenie i monitoring z zastosowaniem czujników i kamer telewizyjnej przemysłowej do kluczowych punktów mechanizmów mechanicznych wraz z zastrzeżeniami wynikającymi z wymogów norm ATEX.

7. Analiza spalin stosowana do zespołu energetycznego turbinowego generatora:

- pomiary emisji pyłowo-gazowej zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym zakresie (Ustawa z dnia 27.04.2001r. Prawo Ochrony Środowiska, tekst jednolity z 2008 r. Dz. U. nr 25, poz. 150 oraz Załącznik nr 2 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 4.11.2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody – Dz. U. Nr 206, poz. 1291),
- pomiary skuteczności urządzeń odpylających,
- pomiary równoległe AST i QAL 2 stacjonarnych systemów monitoringu emisji pyłowo-gazowej zgodnie z normą PN-EN 14181:2010 i Załącznikiem nr 1 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 4.11.2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody – Dz. U. Nr 206, poz. 1291),

Schemat zespołu energetycznego – silnika turbinowego z prądnicą wraz z podzespołami.



- 1 - silnik turbinowy;
- 2 - przekładnia wysokoobrotowa;
- 3 - układ prądnicy;
- 4 - układ sterowania zespołem turbinowym;
- 5 - rekuperator;
- 6 - komora spalania zewnętrzna ciśnieniowa;
- 7 - układ zasilania paliwem pyłowym wraz ze zbiornikiem buforowym.

7.Wnioski.

W wyniku przeprowadzonych prac sformułowano założenia dotyczące warunków technologicznych do realizacji "Mobile demonstration line for generation of renewable energy from micronised biomass", zgodnie z zakresem przewidzianym w projekcie LIFE+. Uwzględniono zarówno uwarunkowania wynikające z wymagań samej technologii jak i z obowiązujących przepisów dotyczących ochrony środowiska.

Technologia wytwarzania zastosowana do LIFE11 ENV/PL/442 "Mobile demonstration line for generation of renewable energy from micronised biomass" jest technologią unikalną, dlatego linia do realizacji tej technologii również będzie linią unikalną.

Z tego powodu w etapie założeń są przedstawione wersje, które muszą być uszczegółowione na etapie projektowania linii demonstracyjnej.

8. Literatura

1. Kłoczyński Badyda „PODSTAWOWE TECHNOLOGIE ENERGETYCZNE (IV-V)”, SZKOLENIE ZAWODOWE 2011 r, Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Ciepłej, Warszawa;

2. Tomasz: Sołec, Kłoczyński Remiszewski, Bartosz Świątkowski, Marcin Błesznowski „Palniki pyłowe na biomasę” („Energetyka” – 5/2007), Instytut Energetyki, Zakład Procesów Ciepłych, Warszawa;

3. Middlewolve K., Zelkowsk J., Wójcicki S.: *The Optimum Conditions for the Combustion of Low Calorific Coalin Swirl Burner*, *IX Symp. (Intern.) on Combustion*, Cambrige Academic Press, NY&London 1976

4. Syred N., Foh M., Syred C., Griffiths A.J., "Energy from Biomass and the use of Small Direct Fired Gas Turbine Systems", University of Wales, Cardiff, Wales, U.K.

5. Ptaszcki, P.A. "Power Generation with Gas Turbine Systems and Combined heat and Power", *Applied Thermal energy*, Volume 20, Issues 15-16, p 1421-1429, T' October 2000, Elsevier Science Ltd.

6. Sato, K. and Mojtahedi, W., 1998. Fate of Alkali and Trace Metals in Biomass Gasification, *Biomass and Bioenergy*. Vol. 15. No. 3. pp 263-267

7. Wilkes, C., 1999. Deposition in a Gas Turbine Natural Gas Fuel Control System. *Joint Power Generation Conference*. FACT-Vol. 23.

Zestawienie założeniowe sporządził:

Mgr inż. Włodzimierz Marczenko