

„Opracowanie innowacyjnego systemu sterowania optymalizującego pracę wszystkich układów spycharek gąsienicowych”

Beneficjentem projektu **POIG.01.03.01-18-110/12** jest Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego. Jako Konsorcjant w projekcie uczestniczy Liugong Dressta Machinery Sp. z o.o. ze Stalowej Woli. Instytucją pośredniczącą w realizacji i finansowaniu projektów kwocie 1.524.975,07 jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Projekt realizowany jest w okresie 01.09.2013 – 31.10.2015

Stan wiedzy w obszarze projektu

W dziedzinie budowa i eksploatacja maszyn, którą obejmuje niniejszy projekt, ciężkie maszyny robocze stanowią istotny obszar zastosowania napędów hydrostatycznych, Zastosowanie takiego napędu we współczesnych maszynach roboczych wymaga posiadania przez ich producenta zarówno możliwości nowoczesnego projektowania, z szerokim wykorzystaniem metod modelowania komputerowego, jak i wszechstronnego przebadania opracowanej maszyny. Próby te powinny objąć badania modelowe, z wykorzystaniem metod symulacji komputerowych, badania kluczowych elementów i podzespołów z wykorzystaniem nowoczesnych stanowisk laboratoryjnych, a także testów poligonowych, na specjalnie przygotowanych torach testowych. Metody projektowania, jakie powinny być tu stosowane, pozwalają na wielokryterialną optymalizację konstrukcji pod względem wytrzymałościowym, zużywanej energii, emisji spalin a w efekcie jej całkowitych kosztów eksploatacyjnych.

Istotnym elementem optymalizacji takiej maszyny jest odpowiednie zaprojektowanie jej systemu sterowania. W pewnych obszarach optymalizacji, np. minimalizacja emisji spalin, zużycie energii, sposób sterowania pracą maszyny jest kluczowym elementem tego zagadnień i o ile znane są i możliwe do stosunkowo łatwej replikacji rozwiązania konstrukcyjne mechanizmów i podzespołów maszyn roboczych, o tyle oprogramowanie ich systemów sterowania jest jedną z najpilniej strzeżonych tajemnic producentów tych maszyn. Opracowanie i wszechstronne przebadanie takiego systemu sterowania jest kluczowym zagadnieniem niniejszego projektu. Wymaga to jednali dużego doświadczenia zespołów badawcza-konstrukcyjnych oraz dobrego wyposażenia badawczego i laboratoryjnego.

Skuteczne zrealizowanie tych zadań pozwoliło uzyskać nowoczesna, ciężka maszynę roboczy mogącą skutecznie konkurować z podobnymi wyrobami tego typu, jakie budowane są na świecie.

Cele i uzasadnienie projektu.

Celem głównym projektu było opracowanie rozwiązań konstrukcyjnych t technologicznych umożliwiających wdrożenie do produkcji nowoczesnych spycharek gąsienicowych z napadem hydrostatycznym, wyposażonych w innowacyjny system sterowania optymalizujący pracę wszystkich układów maszyny.

Osiągnięcie celu głównego było możliwe w wyniku przeprowadzonych prac B+R, w wyniku których możliwe będzie zastosowania w nowych spycharkach:

- innowacyjnego sterownika z nowoczesnym oprogramowaniem optymalizującego pracę układów maszyny,
- napędu hydrostatycznego zamiast wykorzystywanego obecnie napędu hydrokinetycznego,
- nowoczesnego silnika TIER IV
- nowych osprzętów spycharkowych o lepszej kinematyce i powiększonych pojemnościach lemiesz,
- nowych kabin operatora znacznie zwiększających komfort i bezpieczeństwo pracy,
- nowych ram trakcyjnych o zwiększonym rozstawie i długości.

Zastosowanie innowacyjnego sterownika pozwala na optymalne sterowanie podzespołami hydraulicznymi układu jazdy i parametrami silnika spalinowego oraz osprzętami silnika (alternatorem, rozrusznikiem). Umożliwia to odzysk energii podczas hamowania oraz automatyczne zatrzymywanie silnika na biegu jałowym przy wyłączonym napędzie, nieobciążonego hydrauliką roboczą. W momencie przesterowania dźwignią sterownika jazdy lub sterowania osprzętem roboczym silnik zostanie automatycznie uruchomiony (funkcja strat/stop). Wykorzystanie tej funkcjonalności pozwala na znaczące zmniejszenie zużycia paliwa a w konsekwencji emisji spalin.

Wyposażenie maszyn w napęd hydrostatyczny pozwoliło na optymalne przenoszenie siły napędu na gąsienice, dzięki czemu nowe spycharki są wydajniejsze i bardziej ekonomiczne. Dzięki zastosowaniu napędu hydrostatycznego ułatwiona zostanie również jazda w zakrętach oraz praca w ekstremalnych warunkach.

W nowych spycharkach są montowane nowoczesne silniki niskoemisyjne (TIER 4). Silniki te będą wyposażone między innymi w katalizatory spalin redukujących emisję szkodliwych związków. Najwięcej szkodliwych związków emituje silnik gdy maszyna jest mało obciążona lub silnik pracuje na wolnych obrotach. Zastosowane w maszynach sterowniki dobierają optymalne wartości prędkości obrotowej silnika oraz wyłączają silnik nieobciążony, w wyniku czego przewiduje się obniżenie emisji tlenu węgla o około 60%, węglowodorów o około 60% tlenków azotu o około 50 %. Jednocześnie, maszyny zużywają znacznie mniej paliwa od obecnie produkowanych.

Nowe rozwiązania funkcjonalno-użytkowe kabiny maszyny przyczynią się do znaczącego zwiększenia komfortu pracy operatora poprzez redukcję odczuwalnego hałasu i drgań, a także poprzez poprawę widoczności i ogólnego komfortu stanowiska pracy. Rozdział kabiny i ROPS-a od podestu do którego montowana jest kabina umożliwia samodzielną jazdę maszyny bez kabiny, co przełoży się na łatwiejszy jej załadunek i transport do miejsca przeznaczenia.

W zaprojektowanych spycharkach przewidziano także unowocześnienie sterowania jazdą, które odbywa się za pomocą elektrycznego joysticka, który poprzez sterownik elektroniczny steruje pompami i silnikami hydraulicznymi.

Jednym z celów osiągniętych podczas realizacji projektu było również opracowanie i zastosowanie w nowych spycharkach jednolitych ram głównych oraz dłuższych ram trakcyjnych. Ramy są szerzej rozstawione, co pozwoliło na montaż szerszych płyt gąsiennicowych. Zmniejszono w ten sposób naciski jednostkowe na podłoże. Umożliwia to prowadzenie maszyny po mniej stabilnym gruncie.

Na potrzeby nowych maszyn zaprojektowano nowoczesny osprzęt spycharkowy typu 6-WAY. Lemiesz mocowany jest bezpośrednio do ramy „C” poprzez łożyska kuliste. Pozwoli to na zastosowanie większych lemiesz i tym samym zwiększy wydajność spycharki.



Rys. 1. Model maszyny wygenerowany z modeli poszczególnych podzespołów

Projekt zakładał realizację 10 zadań, do których należały:

1. Opracowanie założeń techniczno-ekonomicznych
2. Obliczenia trakcyjne. Obliczenia hydraulicznego układu napędowego jazdy oraz wstępny dobór jego elementów.
3. Modelowanie geometryczne głównych elementów konstrukcji nośnej maszyny.
4. Obliczenia cieplne układu chłodzenia silnika spalinowego TIER IV. Projekt układu chłodzenia.
5. Obliczenia wytrzymałościowe głównych elementów konstrukcji nośnej spycharki.
6. Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej prototypu.
7. Badania stanowiskowe wybranych podzespołów.
8. Wykonanie prototypów,
9. Badania prototypów
10. Weryfikacja dokumentacji konstrukcyjnej. Opracowanie katalogu części i instrukcji obsługi,

Dzięki przeprowadzonym pracom B+R powstały trzy zupełnie nowe typy najnowocześniejszych spycharek gąsienicowych o podwyższonych parametrach funkcjonalnych i użytkowych.

Zastosowane w maszynach rozwiązania pozwalają jednocześnie na znaczące zmniejszenie zużycia paliwa i emisji spalin oraz hałasu, co przełoży się na mniejszą uciążliwość maszyn dla środowiska naturalnego. Maszyny produkowane będą w dwóch wersjach podwozia, standardowej - LT i wydłużonej - LGP.

Projekt był realizowany przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w ramach niezależnej działalności badawczo-rozwojowej we współpracy z Konsorcjantem biznesowym Liugong

Dressta Machinery (Poland) Sp. z o.o. zgodnie z pkt 3.1.1 Wspólnotowych zasad ramowych dotyczących pomocy państwa na działalność badawczą, rozwojową i innowacyjną, który znalazł swe odzwierciedlenie w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 28 października 2010 r, w sprawie warunków i trybu udzielania pomocy publicznej i pomocy de minimis za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Liugong Dressta Machinery (Poland) Sp. z o.o. jest czołowym polskim producentem maszyn budowlanych. Wdrożenie do produkcji nowoczesnych spycharek pozwoli przedsiębiorstwu na pozyskanie nowych, bardziej wymagających rynków zbytu, takich jak Europa Zachodnia i Kanada oraz na odzyskanie rynków Ameryki Południowej i USA. Wejście z nowym produktem na tak wymagające rynki w znacznym stopniu podniesie prestiż przedsiębiorstwa, co przełoży się także na zwiększenie sprzedaży pozostałych maszyn budowlanych produkowanych przez Spółkę.

Innowacyjność Projektu

Efektom projektu jest innowacja w zakresie produktów oferowanych przez Konsorcjanta biznesowego - Liugong Dressta Machinery (Poland) Sp. z o.o. Wszystkie nowe rozwiązania przyjęte w projekcie stanowiły będą innowacją co najmniej w skali kraju.

Opracowany w ramach projektu innowacyjny system sterowania układami maszyny oraz rozwiązania przyjęte w konstrukcji i montażu kabiny stanowi innowację w skali świata, poniżej zawarto uzasadnienie innowacyjności tych elementów.

Nowoczesność rezultatów prac badawczo-rozwojowych w porównaniu do aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym Projektem

Wyniki prac badawczo-rozwojowych, jakie uzyskano w wyniku projektu, należą do światowej czołówki w tej dziedzinie. Zarówno zastosowania metody projektowania wspomaganego komputerowo, w tym modelowanie 3D struktur maszyn Metodą Elementów Skończonych MES, ich testowanie komputerowe za pomocą oprogramowania typu CAD, jak też badania stanowiskowe w laboratoriach i terenowe na specjalistycznym poligonie badawczym, dały wyniki pozwalające ocenić jakość uzyskanego rozwiązania na najwyższym dostępnym na świecie poziomie.

Uzyskany produkt jest pierwszym tego rodzaju urządzeniem wytwarzanym w Unii Europejskiej i trzecim na świecie ze względu na posiadane cechy użytkowe oraz pierwszym na świecie o tak nowoczesnym systemie sterowania.

Opracowywany w ramach projektu sterownik ma strukturę hierarchiczną, zoptymalizowaną pod kątem efektywnego zarządzania gcnerycznymi sterownikami poszczególnych podzespołów spycharki. Wykorzystano standardu sieci transmisji danych w urządzeniach przemysłowych typu CAN bus. Umożliwia to rozbudowę układu sterowania o właściwie dowolne elementy kontrolno pomiarowe.

Zastosowany sterownik zwiększy aktywność odzyskiwania energii podczas hamowania. Zastosowanie innowacyjnego systemu sterowania wszystkimi układami maszyny pozwoli na redukcję zużycia paliwa o ok. 10%. Dzięki optymalnej synchronizacji pracy zespołów maszyny uzyska się redukcję zużycia paliwa oraz toksyczności emisji spalin. Kolejnym efektem zastosowania innowacyjnego sterownika jest zmniejszenie obciążenia pracą operatora dzięki automatycznemu wyborowi trybu pracy i biegu jazdy. Zmniejszono także częstość występowania uderzeń hydraulicznych w instalacji spycharki, przez co wydłuży się jej czas eksploatacji oraz okresy międzynaprawcze. Dla wszystkich spycharek zastosowane

będą te same rozwiązania sprzętowe sterownika, natomiast dla każdej z maszyn opracowano inne oprogramowanie. Rozwiązania z zakresu systemu sterowania stanowią innowację w skali świata.

Innowacją w stosunku do produktów funkcjonujących na rynku światowym jest również rozwiązanie polegające na rozdzieleniu kabiny, ROPS-a i podestu do którego montowana jest kabina. Pozwoli to na jazdę maszyny bez kabiny i ROPS-a podczas załadunku na platformy transportowe lub kontenery. W dostępnych na rynku maszynach nie ma takiej możliwości i po zdjęciu kabiny maszyna nic może poruszać się samodzielnie. Nowym rozwiązaniem, nie stosowanym dotychczas w małych spycharkach jest oddzielenie od kabiny konstrukcji ROPS, która jest montowana na zewnątrz kabiny operatora. Nowa kabina jest też powiększona i wyciszona oraz zawieszona na elastomerowych amortyzatorach, co wydatnie przyczynia się do zwiększenia komfortu pracy operatora. Rozwiązania w zakresie funkcjonalności i montażu kabiny stanowią innowację w skali świata. Nowa kabina operatora wypracowana w ramach projektu pozwoli na zwiększenie komfortu pracy operatora poprzez redukcję oddziaływania drgań do poniżej 0,5 m/s¹ oraz redukcję hałasu w kabinie operatora do 78dBA (obecnie 85dBA).

Uzyskane wyniki prac rozwojowych i badań pozwoliły na uzyskanie przebadanej, gotowej do produkcji maszyny, wraz z niezbędną do tego celu dokumentacją konstrukcyjną i technologiczną. Maszyna ta posiada od kilku do kilkudziesięciu procent lepsze parametry pracy lub eksploatacyjne w stosunku do obecnie produkowanych przez Konsorcjanta i co najmniej porównywalne z maszynami konkurencyjnymi. Niektóre z rozwiązań przewidzianych w maszynie będą lepsze od zastosowanych w produktach światowej konkurencji. Są to przede wszystkim:

Innowacyjny sterownik - opracowany w ramach pełni funkcje nadrzędną w stosunku do funkcjonujących dla poszczególnych układów maszyny sterowników. Jego zastosowanie pozwala na realizację:

- funkcji start/stop - automatyczne zatrzymywanie silnika na biegu jałowym przy wyłączonym napędzie, nieobciążonym hydrauliką roboczą
- automatyczne jego uruchamiania w momencie rozpoczęcia pracy
- funkcji odzysku energii podczas hamowania,
- automatycznego wybierania biegu,

co przyczynia się do spadku zużycia paliwa, a tym samym sprawi, że nowa maszyna jest bardziej przyjazna dla środowiska.

Jednocześnie skutkuje to mniejszym obciążeniem pracą operatora maszyny.

Kabina operatora.

Zaprojektowana dla nowych maszyn kabina jest większa i bardziej wyciszona, co znacząco przekłada się na komfort pracy operatora. Przyjęte rozwiązania w zakresie montażu kabiny pozwolą na samodzielną jazdę maszyny po jej zdemontowaniu, dzięki czemu jest ona łatwiejsza w załadunku i transporcie.

Pozostałe rozwiązania wprowadzone w nowych maszynach są odpowiedzią na rozwiązania stosowane obecnie przez czołowych producentów światowych. Rozwiązania te nie były dotychczas stosowane w kraju.

Napęd hydrostatyczny. Zastąpienie napędu hydrokinetycznego nowoczesnym, bardziej wydajnym napędem hydrostatycznym zapewni precyzję i wygodę w sterowaniu maszyną. Możliwa jest płynna jazda w zakrętach, włącznie z obrotem maszyny w miejscu. Wydłuży to także żywotność elementów i zespołów układu napędu oraz całej maszyny.

Silnik. Nowy silnik spełnia normy emisyjne T1ER IV, co przyczyni się do znaczącego ograniczenia negatywnego oddziaływania maszyny na środowisko i pozwoli na sprzedaż produktów Spółki a rynkach Unii Europejskiej oraz Ameryki Północnej i Południowej.

Sterowanie jazdą sterowanie odbywa się za pomocy joysticka elektrycznego, który poprzez sterownik elektroniczny (komputer) steruje silnikami hydraulicznymi i pompami.

Modułowość konstrukcji zastosowano nowe jednolite ramy główne. Pozwoliło to na montaż szerszych płyt gąsienicowych i tym samym zmniejszenie nacisków jednostkowych.

Lemiesze. Zmiana sposobu montażu lemieszki pozwoliła na zwiększenie ich pojemności a tym samym wydajności maszyny.



Rys. 2. Prototyp spycharki TD-9S na poligonie badawczym