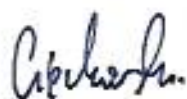


Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych (w języku polskim)

Paweł Grzegorz CIĘŻKOWSKI

Politechnika Warszawska
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Instytut Maszyn Roboczych Ciężkich

Warszawa, kwiecień, 2019



Spis treści

1. Imię i Nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789):.....	3
a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego,.....	3
b) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	3
b.1. Uzasadnienie wyboru tematu	3
b.2. Cele naukowe pracy	4
b.3. Struktura pracy.....	4
b.4. Wyniki przeprowadzonych badań.....	5
b.4.1. Procesy elementarne badania doświadczalne	5
b.4.2 Optymalizacja przekroju poprzecznego płyt rozdrabniających.....	5
b.4.3. Procesy maszynowe -badania doświadczalne.....	5
b.4.4. Wnioski końcowe	6
b.5. Główne efekty naukowe pracy.....	7
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).	7
5.1 Charakterystyka dorobku naukowego publikacyjnego	7
b) Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazach WoS, Scopus, Springer.....	8
c) Czasopisma inne oraz publikacje konferencyjne:.....	8
d) Opis zagadnień naukowych poruszanych w publikacjach:.....	10
5.3. Wygłoszone referaty na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych.....	10
5.4. Opis zagadnień naukowych poruszanych w konferencjach	12
5.5. Projekty badawcze, badawczo-rozwojowe oraz prace naukowo-badawcze	13
a) Projekty realizowane w roli kierownika projektu:	13
b) Projekty realizowane w roli wykonawcy:.....	13
c) Opis projektów	13
5.6. Nagrody dotyczące działalności naukowej:.....	14
5.7 Informacje dodatkowe:	14

1. Imię i Nazwisko

Paweł Grzegorz CIĘŻKOWSKI

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

a) doktor nauk technicznych, Mechanika

Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, Warszawa 27 września 2006

Temat pracy doktorskiej: Analiza teoretyczna i doświadczalna obciążeń granicznych i pracy kruszenia

Promotor:

prof. nzw. dr hab. inż. Jan Zawada

Recenzenci:

prof. nzw. dr hab. inż. Krzysztof Molński

prof. dr hab. inż. Gustaw Tyro

b) magister inżynier, Mechanika i Budowa Maszyn, Maszyny Robocze Ciężkie

Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, Warszawa 23 stycznia 2002

Temat pracy magisterskiej: Analiza obciążenia ośrodka kruchego płaskimi stemplami (płaski i przestrzenny stan deformacji).

Promotor:

prof. nzw. dr hab. inż. Jan Zawada

c) technik mechanik, obróbka skrawaniem

Technikum Mechaniczne nr. 1 w Warszawie, Warszawa 1995

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

2007 - do obecnie	Adiunkt w Instytucie Maszyn Roboczych Ciężkich, w Zakładzie Maszyn Budowlanych na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej
2006 - 2007r.	Asystent w Instytucie Maszyn Roboczych Ciężkich, w Zakładzie Maszyn Budowlanych na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego,

Cięzkowski P., 2019, Analiza procesów rozdrabniania w maszynowych procesach kruszenia. Prace naukowe MECHANIKA z 273, strony 208, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISSN ISBN 978-83-7814-910-1

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Jan Szlagowski,

dr hab. Stefan Góralczyk, prof. IMBIGS

b) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

b.1. Uzasadnienie wyboru tematu

Rozdrabnianie geomateriałów to jeden z najbardziej energochłonnych procesów technologicznych. Kruszarki szcękowe są maszynami powszechnie stosowanymi w procesach kruszenia i niniejsza praca dotyczy kompleksowej analizy procesów rozdrabniania w tych maszynach.

Mechanika kruszenia, ze względu na złożone właściwości ośrodków kruchych i skomplikowany przebieg procesów w maszynach, znajduje się na początku naukowego rozwoju. Warunkiem jej rozwoju są m. in. różne analizy procesów elementarnych, oparte na solidnych podstawach oraz wszechstronne badania procesów maszynowych i ich matematyczne modelowanie.

Studia nad efektywnością procesów maszynowych wymagają zbadania przede wszystkim wpływu parametrów konstrukcyjnych i kinematycznych na przebieg procesów rozdrabniania. Tego rodzaju kwestie nie są dobrze rozpoznane (np. wpływ na efektywność kruszenia zmienionych w stosunku do tradycyjnych nowych płyt rozdrabniających). Można sformułować zatem dwa główne problemy:

1) określanie wpływu parametrów konstrukcyjnych i kinematycznych maszyn na siły, energię kruszenia i wydajność,

2) określanie przydatności nowych konstrukcji płyt rozdrabniających ukształtowanych wg rozważań teoretycznych.

Zaprojektowanie nowego kształtu powierzchni płyt rozdrabniającej skały z mniejszym zapotrzebowaniem na energię i siły kruszenia niż płyty tradycyjne wydaje się być trafnym wyborem tematu, założeń i celu badań naukowych przyjętym przez Autora. Wyniki przedstawione w pracy są efektem długoletniej pracy obejmującej realizację projektów badawczych o numerach 3380/B/T02/2009/36 i 501/H/1154/0165.

b.2. Cele naukowe pracy

Analiza elementarnych procesów rozdrobnienia:

1. Przeprowadzenie prób rozdrabniania bloków skalnych różnymi układami stempli (stemplami współosiowymi, grupą stempli współosiowych i niewspółosiowymi) i identyfikacja ustawienia stempli umożliwiające określenie korzystnej geometrii stempli z uwagi na kryterium minimalizacji siły i pracy kruszenia.
2. Opracowanie autorskich rozwiązań w zakresie modelowania płyt szczękowych przeznaczonych do rozdrabniania materiałów kruchych, bazujących na kinematycznej ocenie nośności granicznej.
3. Przeprowadzenie eksperymentalnej weryfikacji wpływu kształtu karbu płyt rozdrabniających, w tym nowego typu płyty opracowanej przez autora na efektywność procesu kruszenia, analizę obciążenia komory kruszarki, siły, pracę itp..
4. Zaproponowanie metody wyznaczania indeksów Rittingera i Bonda w oparciu o elementarne testy wytrzymałościowe oraz zastosowanie hipotez Rittingera i Bonda do oszacowania energii kruszenia przy uwzględnieniu składu ziarnowego produktu.
5. Eksperymentalna weryfikacja jednoetapowych i dwuetapowych procesów rozdrabniania skał i wskazanie korzyści z realizacji kruszenia w dwuetapowym procesie z uwagi na zmniejszenie energii procesu kruszenia.
6. Analiza wpływu zmiany położenia punktu podparcia płyty rozporowej na parametry eksploatacyjne kruszarki.

W niniejszej pracy przedstawiono bogaty program badań doświadczalnych dotyczący procesów kruszenia. Badania były realizowane na skałach o różnych właściwościach wytrzymałościowych (wapień miękka, wapień zwarty, granit, płaskowiec). Badania maszynowych procesów rozdrabniania realizowano na modelowej kruszarce szczękowej typu Blake'a, wyposażonej w unikalny układ diagnostyczny pozwalający na pomiar sił, pracy, rozkładu obciążenia komory

b.3. Struktura pracy

Rozprawa habilitacyjna została podzielona na dwie zasadnicze części obejmujące przegląd literatury i badania własne. W rozdziałach 1-2 przedstawiono przegląd literatury, cel pracy (rozdział 1) podstawowe informacje o procesach kruszenia i realizujących je maszynach, podano przykładowe schematy linii technologicznych procesów rozdrabniania, omówiono rozwiązania płyt rozdrabniających i analizowano badania dotyczące wpływu: 1) powierzchni roboczej płyty rozdrabniającej na proces kruszenia, 2) różnych rodzajów profilowania powierzchni roboczej płyt rozdrabniających, na jakość kruszywa, 3) parametrów geometrycznych powierzchni płyt rozdrabniających na efektywność pracy kruszarek. Analizowano też zużycie płyt rozdrabniających. Kolejne rozdziały od 3 do 6 dotyczą badań własnych, i przeglądu literatury. W rozdziale trzecim obszernie przedstawiono wyniki własnych badań elementarnych procesów kruszenia, a uzyskane rezultaty weryfikowano w rozdziałach 4 i 6. Badania pozwoliły na określenie geometrii karbów płyt rozdrabniających korzystnych z uwagi na zniszczenia, sił i pracy kruszenia. W rozdziale czwartym przedstawiono autorskie opracowanie, algorytm dotyczący doboru płyt szczękowych dla różnych rozdrabnianych materiałów. Określono optymalny kształt karbu. W rozdziale piątym obszernie przedstawiono wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych dotyczące: 1) wpływu trajektorii płyty rozdrabniającej na efektywność pracy kruszarek, 2) rozkładu obciążenia w komorze roboczej kruszarki szczękowej, 3) porównania udziału pracy efektywnej do pracy zwracanej, 4) porównania jednoetapowego i dwuetapowego rozdrabniania skał w kruszarce szczękowej dwurozporowej. Obszerne badania wykonano na laboratoryjnej kruszarce wyposażonej w system pomiarowy siły na płycie rozporowej i szczęce stałej. W rozdziale 6 przedstawiono prostą metodę do wyznaczania indeksów Rittingera i Bonda oraz weryfikację doświadczalną zaproponowanej metody. Całość rozprawy kończą wnioski z przeprowadzonych szerokich badań i analiz teoretycznych (rozdział 7). Zasadniczym zadaniem, jakie zostało przedstawione w pracy jest pokazanie metodyki badań maszynowych procesów rozdrabniania realizowanych w kruszarkach szczękowych.

b.4. Wyniki przeprowadzonych badań

b.4.1. Procesy elementarne badania doświadczalne

Przedstawiono podstawowe informacje o rozdrabnianych materiałach i mechanice procesu rozdrabniania. W pracy zagadnienie rozdrabniania rozpatrywano na drodze analizy doświadczalnej obejmującej elementarne procesy kruszenia. Badania doświadczalne obejmowały wyznaczenie wytrzymałości na rozrywanie w oparciu o test brazylijski, określenie wytrzymałości na ściskanie oraz wyznaczenie parametrów modelu Coulomba (spójność c i kąt tarcia wewnętrznego ρ). Przedmiotem pracy było zbadanie wpływu różnego obciążania bloków ciał kruchych (skał) na podstawowe parametry procesu kruszenia, tzn. na siły graniczne, energię kruszenia i mechanizmy deformacji. W tym celu została przeprowadzona analiza doświadczalna zagadnienia ściskania bloków skalnych: stemplami współosiowymi, grupą stempli współosiowych oraz stemplami niewspółosiowymi w różnych konfiguracjach. W procesach tych badano zmiany sił kruszenia i energochłonność procesu w funkcji szeregu parametrów, między innymi wpływ kształtu stempli (płaskie, klinowe, zaokrąglone), szerokości stempli oraz podziałki.

b.4.2 Optymalizacja przekroju poprzecznego płyt rozdrabniających

W pracy została przedstawiona analiza teoretyczna, elementarnych procesów przecinania bloków materiału płaskimi stemplami w konfiguracji współosiowego i niewspółosiowego ustawienia stempli. Analiza została przeprowadzona w oparciu o kinematyczną ocenę nośności granicznej przy wykorzystaniu zmodyfikowanego warunku Coulomba. W oparciu o uzyskane wyniki określono optymalny profil płyty kruszącej.

Analiza procesu kruszenia płaskimi stemplami współosiowymi wyznacza graniczną szerokość stempli σ_{gr} , od której występuje globalny mechanizm zniszczenia polegający na przecięciu bloku skalnego. Dla stempli o mniejszej szerokości od σ_{gr} mechanizm zniszczenia jest lokalny, gdzie deformacja ogranicza się do stref wokół stempla (mechanizm Prandtla). Wraz ze wzrostem szerokości stempli rośnie siła kruszenia i zmienia się mechanizm zniszczenia na mechanizm globalny. Postać globalnego mechanizmu zniszczenia jest zależna od parametrów geometrycznych oraz od parametrów wytrzymałościowych (S_c , S_u , ρ). Przy przecinaniu materiału płaskimi stemplami występuje mechanizm ścicia lub mechanizm ścicia z utworzeniem powierzchni rozrywania, analogicznej jaką obserwujemy w testach próby brazylijskiej. Jako optymalną szerokość stempla przyjęto najmniejszą szerokość, dla której występuje przecięcie bloku skalnego (globalny mechanizm zniszczenia) - odpowiada to granicznej szerokości stempla σ_{gr} . Analiza teoretyczna przecinania bloku materiału o wysokości h czterema płaskimi stemplami współosiowymi o szerokości a i podziałce t pokazuje, że w zależności od podziałki występują dwa typy mechanizmów zniszczenia. Dla małych podziałek sąsiadujące stemple oddziałują na materiał jak jeden szeroki stempel. W tym przypadku blok skalny dzielony jest na połowę. Wraz ze zwiększeniem odległości pomiędzy stemplami następuje jakościowa zmiana mechanizmu zniszczenia, dla której przeciwległe stemple tworzą osobne mechanizmy deformacji. Począwszy od tej podziałki blok dzieli się na trzy części, a wartość siły stabilizuje się. Ten układ rozstawienia stempli przyjęto do projektowania kształtu płyt jako układ generujący najlepszą efektywność procesu.

Porównanie wyników symulacji numerycznych z badaniami doświadczalnymi wskazuje, że dla szeregu materiałów mamy dobrą zgodność zarówno pod względem ilościowym (wartość siły) jak i jakościowym (mechanizm deformacji).

b.4.3. Procesy maszynowe - badania doświadczalne

Eksperymentalne badania maszynowych procesów kruszenia przeprowadzono na laboratoryjnej kruszarce szczękowej wyposażonej w system diagnostyczny, który umożliwia pomiar sił i ich rozkład w komorze kruszenia, przemieszczenia szczęki ruchomej i prędkości obrotowej wału kruszarki. W ramach badań procesów maszynowych analizowano zmiany siły na rozporze, energii, rozkładu sił w komorze, wydajność techniczną kruszarki oraz skład ziarnowy produktu. Zbadano wpływ kształtu płyt, ilości nadawy, rodzaju procesu technologicznego (jednoetapowy, dwuetapowy) na te parametry. W pracy badano osiem zestawów płyt rozdrabniających: gładkie (zestaw I), o profilu trójkątnym, gdzie występy (karby, stemple, zęby) na płycie stałej i ruchomej są rozmieszczone względem siebie współosiowo (zestaw II) oraz niewspółosiowo (zestaw III, gdzie występy przesunięte są względem siebie o wartość podziałki t), płyty o zmiennej podziałce i wysokościach karbu (współosiowe - zestaw IV, niewspółosiowe - zestaw V) oraz układy kombinowane płyt: gładka + trójkątna (zestaw VI), gładka + płytka o zmiennej podziałce i wysokości karbu (zestaw VII), trójkątna + płytka o zmiennej podziałce i wysokości karbu (zestaw VIII). Analiza wyników wykazuje bardzo istotny wpływ kształtu płyty na rozkład ziarn, obciążenie działające na kruszarkę, pracę kruszenia i parametry techniczne, a mianowicie:

- analiza rozkładu wielkości ziarn produktu pokazuje, że podczas kruszenia przez gładkie płyty uzyskano większą ilość miazgi i pyłu w produkcie rozdrobnienia w porównaniu do innych zestawów płyt rozdrabniających,
- najmniejsze siły działające na kruszarkę występują dla płyt o zmiennej podziałce i wysokości karbów (zarówno dla układ karbów współosiowego, jak i nie współosiowego), zaś największa wartość sił kruszenia występuje dla płyt gładkich,
- ze względu na pracę kruszenia najkorzystniejsze są płyty o zmiennej podziałce i wysokości karbu, dla których praca kruszenia jest o 50% mniejsza niż w przypadku gładkich płyt i o 55% mniejsza w stosunku do płyt z równoległym układem karbów,
- analiza wydajności technicznej pokazuje, że dla płyt o zmiennej geometrii zębów wydajności spada o połowę, zaś najgorsza wydajność występuje dla płyt z układem równoległych karbów i wynosi ~25% wydajności procesu rozdrabniania płytami gładkimi,
- zmniejszone zużycie energii w procesie kruszenia przez płyty o zmiennej podziałce spowodowane jest innym rozkładem obciążenia w stosunku do płaskich płyt. W przypadku płyt o zmiennej podziałce i wysokości karbu najwyższą pracę kruszenia uzyskuje się w środkowych segmentach, ale w przypadku płaskich płyt i płyt o trójkątnym profilu i stałej podziałce w dolnych segmentach.

W pracy przedstawiono także porównanie dwóch technologii procesów rozdrabniania -jednoetapowa i dwuetapowa. Jednoetapowe kruszenie przeprowadzono dla szczeliny wylotowej $e_r = 11\text{mm}$ (A), a rozdrabnianie dwustopniowe przeprowadzono dla szczelin $e_r = 24\text{mm}$ (B) i 11mm (C i D). Nadawa stosowana w drugim etapie miała ziarna o rozmiarach 8, 16, 31,5mm (C) i 16, 31,5 mm (D). Nadawa stosowana w obu procesach miała podobną masę (~ 10kg) i rozmiar ziarn nadawy wynosił $D = 90\text{mm}$. Badania rozdrobnienia realizowano na układzie kombinowanym płyt rozdrabniających pomiędzy płytą gładką i płytą o zmiennej podziałce i wysokości karbu. Analiza wyników porównawczych badań procesów jedno- i dwuetapowego umożliwia na wstępną ocenę parametrów technologicznych:

- analiza składu ziarnowego pokazuje, że proces dwuetapowy (B + C), gdzie w drugim etapie nadawa była $D = 8+31,5\text{mm}$ daje podobny rozkład uziarnienia w stosunku do procesu jednoetapowego,
- w przypadku procesu B + E (nadawa w drugim etapie $D = 16+31,5\text{mm}$) występuje znacznie więcej frakcji o średnicy $d = 8\text{mm}$ w stosunku do procesu jednoetapowego A,
- wartość średniej siły kruszenia F_{max} jest silnie związana z wielkością szczeliny wylotowej e_r . Dla szczeliny $e_r = 24\text{mm}$ siła kruszenia jest 3+7 krotnie razy mniejsza aniżeli dla szczeliny $e_r = 11\text{mm}$ w zależności od rodzaju skały,
- proces dwuetapowy jest efektywny energetycznie. W analizowanych procesach kruszenia skał uzyskano od 8 do 45% mniejsze zużycie energii,
- wydajność procesu dwuetapowego typu B + D jest wyższa około 30% w stosunku do procesu jednoetapowego i dwuetapowego B + C.

b.4.4. Wnioski końcowe

Głównym osiągnięciem pracy jest przedstawienie metodyki badań doświadczalnych maszynowych procesów rozdrabniania realizowanych w kruszarkach szczękowych.

W pracy przedstawiono przegląd literatury poświęcony maszynowym procesom zniszczenia ze szczególnym uwzględnieniem wpływu profilu płyt kruszących na parametry eksploatacyjne tj. siły, energię kruszenia skład ziarnowy produktu, zużycie płyt.

Praca zawiera bogaty program badań doświadczalnych obejmujący badania elementarnych procesów kruszenia oraz badania maszynowych procesów rozdrabniania realizowanych na laboratoryjnej kruszarce dwurozporowej szczękowej, wyposażonej w unikalny układ diagnostyczny pozwalający na pomiar sił, pracy, rozkładu obciążenia komory.

W ramach badań elementarnych przeprowadzono testy wytrzymałościowe szeregu skał obejmujące testy jednoosiowego ściskania i testy brazylijskie oraz badania przecinania bloków skalnych stemplami o różnym kształcie. Badania te obejmowały układy pojedynczych stempli jak i układy stempli współosiowych i niewspółosiowych.

Przy wykorzystaniu kinematycznej oceny nośności granicznej wyznaczono optymalny kształt karbów płyty kruszącej tj. szerokość stempli i ich rozstaw (podziałkę) w funkcji rozmiaru kruszonego materiału. Rozwiązania te zweryfikowano doświadczalnie. W kruszarkach szczękowych odległość pomiędzy szczękami zmienia się wraz z wysokością i optymalny profil płyty powinien być dostosowany do geometrii komory i parametrów wytrzymałościowych kruszonego materiału. Bazując na badaniach teoretycznych i doświadczalnych elementarnych procesów kruszenia została opracowana i wykonana płyta krusząca o zmiennej podziałce i wysokości karbu.

Głównym celem pracy było przedstawienie kompleksowych badań maszynowego procesu kruszenia przy wykorzystaniu zaproponowanych płyt o zmiennym profilu i porównaniu ich z szeregiem innych zestawów płyt. W oparciu o te badania można sformułować następujące wnioski:

- płyty o zmiennym profilu korzystnie wpływają na zmniejszenie siły i energii kruszenia w porównaniu do płyt tradycyjnych,
- analiza rozkładu obciążenia w komorze kruszarki pokazuje, że płyty o zmiennym profilu generują inny rozkład w stosunku do pozostałych płyt. Dla płyt o zmiennym profilu środkowa część komory jest najbardziej obciążona, zaś dla płyt gładkich i płyt z karami równoległymi obciążenie zmienia się narastająco w kierunku dolnej części szczęki,
- w przypadku analizy procesów maszynowych nie stwierdzono istotnego wpływu ustawienia karbów płyt (współosiowe czy niewspółosiowe) względem siebie na parametry procesu kruszenia,
- z uwagi na zwiększenie wydajności procesu korzystne jest stosowanie mieszanych układów płyt składających się z płyty gładkiej i płyty o zmiennym profilu,
- analiza składu ziarnowego pokazuje, że podczas rozdrabniania płytami gładkimi uzyskuje się w produkcji więcej niekorzystnej frakcji pyłastej w porównaniu z pozostałymi zestawami badanych płyt,
- porównanie procesu rozdrabniania jednoetapowego i dwuetapowego pokazuje korzyści stosowania procesów dwuetapowych. Proces dwuetapowy z segregacją frakcji pomiędzy etapami obniża pracę kruszenia, poprawia skład ziarnowy produktu oraz poprawia wydajność procesu technologicznego. Ze względu na uzyskane, obiecujące rezultaty badań procesów dwuetapowych, ich kontynuacja jest uzasadniona.

W pracy zaproponowano metodę wyznaczania energii procesu rozdrabniania przy wykorzystaniu hipotezy Rittingera i Bonda. Zaproponowano modyfikację dotyczącą wyznaczania Indeksów Rittingera i Bonda w oparciu o elementarne testy wytrzymałościowe, z których wyznaczamy pracę kruszenia w próbie jednoosiowego ściskania i pracę kruszenia w testach rozrywania na bazie testu brazylijskiego. Przy oszacowaniu energii kruszenia konieczne jest uwzględnienie składu ziarnowego produktu rozdrabniania. Zaproponowana koncepcja została pozytywnie zweryfikowana badaniami doświadczalnymi rozdrabniania piaskowca Mucharz.

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki uzasadniają celowość prowadzenia dalszych badań modelowych i doświadczalnych procesów maszynowego rozdrabniania. Zaproponowana w pracy analiza kinematyki kruszarki i analityczne wyznaczenie sił i energii kruszenia pokazuje istotny wpływ parametrów konstrukcyjnych kruszarek na efektywność procesu, w tym wydajności i pracy kruszenia. Przedstawione podejście stanowi etap wstępny w badaniach obciążeń kruszarki. Opierano się bowiem na prostych założeniach odnośnie modelu ośrodka i modelu zniszczenia skał pomiędzy płytami kruszącymi. Niemniej jednak uzyskane wyniki mają, zdaniem autora, pewną wartość poznawczą i praktyczną, co skłania do przypuszczenia, że obrany kierunek badań jest prawidłowy. W dalszych pracach przedstawiona metoda oceny pracy kruszarki zostanie rozwinięta przy zaawansowanym modelu skał uwzględniającym efekt osłabienia i uszkodzenia.

b.5. Główne efekty naukowe pracy

- ✓ Rozwiązanie nowych zagadnień mechaniki kruszenia dotyczących określania sił i energii kruszenia, podziałki i szerokości karbu, mechanizmów zniszczenia w elementarnych procesach rozdrabniania.
- ✓ Opracowanie wytycznych do projektowania powierzchni płyt kruszących.
- ✓ Przedstawienie badań maszynowego procesu rozdrabniania dla różnego rodzaju płyt i ich wpływ na parametry eksploatacyjne kruszarki.
- ✓ Zaproponowanie prostej metody do oszacowania indeksów hipotezy Rittingera i Bonda.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).

5.1 Charakterystyka dorobku naukowego publikacyjnego

a) Monografie

- A1 Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S., 2018, Experimental studies on the efficiency of the crushing processes, LAP LAMBERT Academic Publishing, Heinrich-Böcking-Straße 6, 66121 Saarbrücken, Niemcy, pp. 84, ISBN: 978-613-9-84936-9.
- A2 Ciężkowski P. (red), Maciejewski J., Mańkowski J., Chochoł K., 2016, Kruszenie skał - teoria, eksperyment i zastosowania inżynierskie, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji -PIB, Radom, ISBN 978-83-7789-095-0, 219.
- A3 Ciężkowski P. (red), 2016, Maszyny Budowlane Laboratorium, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa ISBN 978-83-7814-531-8

b) Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazach WoS, Scopus, Springer

- B1 Ciężkowski P., Maciejewski J., 2018, Study on Load Distribution in the Working Space of Lever Crusher, Springer International Publishing AG 2018, In: Timofiejczuk A., Łazarz B., Chaari F., Burdzik R. (eds) Advances in Technical Diagnostics. ICDT 2016, Applied Condition Monitoring vol 10, pp 253-265, DOI 10.1007/978-3-319-62042-8_23 (WoS, Springer)
- B2 Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S., 2018, Evaluation of Influence of Crushing Plates Shape on "Mucharz" Sandstone Crushing Process. In: Timofiejczuk A., Łazarz B., Chaari F., Burdzik R. (eds) Advances in Technical Diagnostics. ICDT 2016. Applied Condition Monitoring, vol 10. Springer, Cham, pp 239-252, https://doi.org/10.1007/978-3-319-62042-8_22 (WoS, Springer)
- B3 Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S.: 2017, Analysis of energy consumption of crushing processes – comparison of one-stage and two-stage processes, *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol. 39, No. 2, DOI: 10.1515/sgem-2017-0012 (WoS, Scopus)
- B4 Kwaśniewski A., Mirosław T., Bąk S., Ciężkowski P., Maciejewski J., 2019, Monitoring of soil density during compaction processes, Proceedings of the 6th International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations, CMMNO'2018, 20-22 June 2018, Santander, Spain, In: Fernandez Del Rincon, A., Viadero Rueda, F., Chaari, F., Zimroz, R., Haddar, M., Applied Condition Monitoring, vol 15. Springer International Publishing DOI10.1007/978-3-030-11220-2_42 (Springer)
- B5 Mirosław T., Kwaśniewski A., Ciężkowski P., Maciejewski J., 2019, The model of soil compaction process and concept of smart compactor, Proceedings of the 6th International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non Stationary Operations, CMMNO'2018, 20-22 June 2018, Santander, Spain, In: Fernandez Del Rincon, A., Viadero Rueda, F., Chaari, F., Zimroz, R., Haddar, M., Applied Condition Monitoring, vol 15. Springer International Publishing DOI10.1007/978-3-030-11220-2_26 (Springer)

c) Czasopisma Inne oraz publikacje konferencyjne:

- C1 Ciężkowski P., Bąk S., 2017, Photoelasticity and the Finite Element Method as a Tool for Stress Analysis in the Elementary Crushing Processes, *Machine Dynamics Research*, Vol. 41, No. 4, 29–42, (14 pkt MNiSW)
- C2 Kwaśniewski, A., Ciężkowski, P., 2017, Selected Design Issues of Toggle Plate Selection on the Example of the Single Jaw Crusher, *Machine Dynamics Research*, Vol. 41, No. 1, s 17-30, (14 pkt MNiSW)
- C3 Ciężkowski, P., Mirosław, T., Szlagowski, J., Zawadzki, A., Żebrowski, Z., 2016, Function Modeling of a Rescue Capsule for Casualties Evacuation Using a Strategic Game as an Alternative Verification Method, *Machine Dynamics Research*, Vol. 40, No. 3, s 131-146, (14 pkt MNiSW)
- C4 Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S., Kuśmierczyk J., 2015, Study on the efficiency of the crushing processes using the model of jaw crusher, *Machine Dynamics Research*, 39/2, s. 123-132, (14 pkt MNiSW)
- C5 Ciężkowski, P., Gniadek M., 2015, Crushing Schemes in the Processes of Crushing and Cutting of Brittle Materials, *Machine Dynamics Research*, 39/4, 85-92, (14 pkt MNiSW)
- C6 Ciężkowski P., Bąk S., 2014, Experimental Studies on Crushing Processes of Cuboidal Blocks In Jaw Crusher with Trapezoidal Crushing Plates Fields, *Machine Dynamics Research*, Vol. 38, No. 2, ss. 85–94, (6 pkt MNiSW)
- C7 Ciężkowski P., Żebrowski Z., Mirosław T., Zawadzki A., 2014, Model funkcjonalny kapsuły ratunkowej do ewakuacji poszkodowanych w warunkach niebezpiecznych, *Logistyka*, 5/2014, s. 264-269, (10 pkt MNiSW)
- C8 Mirosław T., Ciężkowski, P., Szlagowski, J., Żebrowski, Z., Zawadzki, A., 2014, Metodyka weryfikacji założeń projektu koncepcyjnego na przykładzie kapsuły ratunkowej do ewakuacji poszkodowanych w środowisku niebezpiecznym, *Logistyka*, 4/2014, s. 157-167, (10 pkt MNiSW)
- C9 Ciężkowski, P., Maciejewski, J., 2014, Badania i analiza maszynowego procesu rozdrabniania wapienia zwartego Morawica, *Przegląd Mechaniczny*, nr 5, ss. 35–41, (5 pkt MNiSW)
- C10 Mańkowski J., Ciężkowski, P., 2013, Modelowanie procesów kruszenia za pomocą MES – propozycja metody identyfikacji danych materiałowych oraz właściwości zadania kontaktowego, *Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów / Politechnika Warszawska* 5(81), z. 4/95, s. 125-135, (4 pkt MNiSW)
- C11 Ciężkowski P., Mirosław, T., 2013, Analiza porównawcza systemów transportu typu - egzoszkielek, *Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów / Politechnika Warszawska* 5(81), z. 4/95, s. 31-39, (4 pkt MNiSW)
- C12 Ciężkowski, P., Chochoł, K., Bąk, S., 2013, Wpływ kształtu powierzchni płyty kruszącej na rozkład obciążeń w przestrzeni roboczej kruszarek dźwigniowych, *Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów / Politechnika Warszawska*, z. 1/92, s 5-12, (4 pkt MNiSW)
- C13 Ciężkowski P., 2012, Correlation of energy consumption and shape of crushing plates, *AGH Journal of Mining and Geoengineering*, tom 36, s. 91-100
- C14 Ciężkowski P., Kuśmierczyk J., Bąk S., 2012, On Verification of Certain Machine Crushing Processes, w: *Machine Dynamics Research*, vol. 36, nr 3, s. 5-14, (4 pkt MNiSW)

- C15 Ciężkowski P., Chochół K., Bąk S., Kuśmierczyk J., 2012, Remarks on Crushing Plates Shape and the Load Distribution in the Working Space of Lever Crushers, Machine Dynamics Research, Vol. 36, No. 3, s. 15-22, (4 pkt MNiSW)
- C16 Ciężkowski P., Mańkowski J., 2012, Modelowanie osłabienia materiału na przykładzie symulacji próby brazylijskiej, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów / Politechnika Warszawska 5(81), 3/89, s. 101-107, (4 pkt MNiSW)
- C17 Ciężkowski P., 2012, Doświadczalne badania sił kruszenia szczękami o różnym kształcie, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów / Politechnika Warszawska 5(81), 2/88, s. 21-34, (4 pkt MNiSW)
- C18 Ciężkowski P., 2011, O problemie optymalizacji powierzchni roboczych płyt drobiących w kruszarkach, w: Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów / Politechnika Warszawska 5(81), nr 2(83), ss. 5-16, (4 pkt MNiSW)
- C19 Ciężkowski P., Buczyński A., Szymański R., 2010, Analiza kruszenia bloku pomiędzy stemplami współosiowymi przy różnym ich ustawieniu, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów / Politechnika Warszawska 5(81), s. 13-20, ISSN 1642-347X, (6 pkt MNiSW)
- C20 Ciężkowski P., Gumiński R., 2010, Rozkład normalny do opisu sił w płycie rozporowej kruszarki modelowej Blake'a, Zeszytach Naukowych Instytutu Pojazdów 5(81), s. 21-31, ISSN 1642-347X, (4 pkt MNiSW)
- C21 Ciężkowski P. 2010, Zagadnienie określania podziałki w procesach kruszenia bloków układem stempli, czasopismo: Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, nr 2 (8) /2010, str. 49-52, ISSN 1899-5489, (pkt MNiSW)
- C22 Ciężkowski P., 2009, Numeryczna symulacja obciążenia bloku skalnego za pomocą układu trzech stempli płaskich, w: Zeszyty Naukowe Techniczne -Budowa i Eksploatacja Maszyn, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, NR 12, PL ISSN 1897-2683, vol. 12, ss. 41-42, (- pkt MNiSW)
- C23 Ciężkowski P., 2009, Siły graniczne i energia kruszenia bloku skalnego przy różnym ustawieniu stempla obciążającego, Zeszyty Naukowe Nauki Techniczne -Budowa i Eksploatacja Maszyn, NR 12, s. 39-40, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, PL ISSN 1897-2683, (- pkt MNiSW)
- C24 Ciężkowski P., 2008, Badania rozkładów sił kruszenia w przestrzeni roboczej kruszarki modelowej Blake'a, Przegląd Mechaniczny, nr 2, s. 26-30, (- pkt MNiSW)
- C25 Ciężkowski P., 2008, Remarks on Definition of Tensile Strength of Brittle Materials, Machine Dynamics Problems, Vol. 32, No. 3, s. 12-19 (6 pkt MNiSW)
- C26 Ciężkowski P., Zawada J., Buczyński A., 2007, O dokładności metody elementów skończonych w określeniu obciążeń granicznych i energii kruszenia, w: Przegląd Mechaniczny, nr 4, 2007, s. 13-15, (pkt MNiSW)
- C27 Bąk S., Ciężkowski P., 2013, Badania procesu kruszenia szczękami o zmiennej podziałce i wysokości karbu w Wernik J. praca zbiorowa pod redakcją, Wybrane problemy naukowo-badawcze inżynierii mechanicznej i materiałowej, Wydawca P.P.-H. „DRUKARNIA” Sp. z o.o. Sierpc, s. 11-22, ISBN 978-83-62081-19-6, Płock.
- C28 Ciężkowski P., Chochół K., 2012, Wpływ kształtu powierzchni płyty kruszącej na rozkład obciążeń w przestrzeni roboczej kruszarek dźwigniowych, w materiałach XX Francusko-Polskiego SEMINARIUM MECHANIKI, Wydawca Robert Zalewski, Instytut Podstaw Budowy Maszyn, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechnika Warszawska, s. 7-14, ISBN 83-89703-54-0
- C29 Buczyński A., Ciężkowski P., 2010, Mechanizmy zniszczenia w modelowych procesach kruszenia materiałów skalnych, w materiałach XVIII Francusko-Polskiego SEMINARIUM MECHANIKI, Wydawca Jerzy Bajkowski, Instytut Podstaw Budowy Maszyn, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechnika Warszawska, s. 14-21, ISBN 83-89703-75-8
- C30 Ciężkowski P., 2010, O przybliżonej metodzie określania kąta tarcia wewnętrznego materiałów kruchych, w materiałach VI International Conference „Friction 2010” Modelling And Simulation Of The Friction Phenomena In The Physical And Technical Systems, Wydawca Jerzy Bajkowski, Instytut Podstaw Budowy Maszyn, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechnika Warszawska, s. 14-21, ISBN 83-89703-53-X
- C31 Ciężkowski P., 2010, Zagadnienie obciążania stemplami płaskimi ciał kruchych w warunkach przestrzennej deformacji, w materiałach VI International Conference „Friction 2010” Modelling And Simulation Of The Friction Phenomena In The Physical And Technical Systems, Wydawca Jerzy Bajkowski, Instytut Podstaw Budowy Maszyn, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechnika Warszawska, s. 22-33, ISBN 83-89703-53-X
- C32 Ciężkowski P., 2008, Badania rozkładów sił kruszenia w płycie rozporowej kruszarki modelowej Blake'a, s. 98-105, w Maszyny i pojazdy dla budownictwa i górnictwa skalnego, Wydawca: SIMP Ośrodek Doskonalenia Kadr we Wrocławiu ISBN 978-83-87982-03-4
- C33 Ciężkowski P., Dziewczopolski P., 2008, O weryfikacji niektórych hipotez energetycznych mechaniki kruszenia, w Materiały XVI Francusko-Polskiego Seminarium Naukowego Mechaniki, Wydawca Jerzy

Bajkowski, Instytut Podstaw Budowy Maszyn, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechnika Warszawska, s. 21-27, ISBN 83-89703-19-X

- C34 Ciężkowski P., Zawada J., Buczyński A., 2007, Numeryczna symulacja obciążania bloku skalnego współosiowymi stemplami, 2007, w Seweryn A. (red), Materiały IV Międzynarodowe Sympozjum Mechaniki Zniszczenia Materiałów i Konstrukcji, s. 61-64, Dział Wydawnictw i Poligrafii Politechniki Białostockiej, ISBN 978-83-60200-30-8

d) Opis zagadnień naukowych poruszanych w publikacjach:

Pierwszy obszar badań naukowych dotyczy procesów rozdrobnienia skał. Znaczny nacisk położono na opracowanie metodyki doboru kształtu płyt kruszących przeznaczonych do efektywnego rozdrabniania różnych materiałów oraz badania doświadczalne i numeryczne mające na celu opracowanie optymalnego kształtu płyt rozdrabniających. W wyniku prowadzonych prac badawczych realizowanych zespołowo lub samodzielnie uzyskano nowe płyty o dobrych parametrach eksploatacyjnych poprawiających efektywność procesu kruszenia:

- opracowano projekty płyt kruszących poprawiających efektywność procesu kruszenia -zagadnienie to omówiono w pracy [A2],
- opracowano programy umożliwiające określenie optymalnej szerokości zębów i odległości pomiędzy nimi - zagadnienie to omówiono w pracy [A2],
- przedstawiono metodykę badań w kontekście ograniczenia sił i pracy kruszenia w procesach elementarnych kruszenia -zagadnienie to omówiono w pracach: [A2], [C1], [C10], [C16],[C18], [C19], [C21], [C22], [C23], [C25], [C26] [C29], [C31], [C34],
- przeprowadzono badania doświadczalne i zweryfikowano kształty płyt rozdrabniających na efektywność procesu kruszenia, rozkład sił w komorze roboczej i płycie rozporowej kruszarki - zagadnienie to omówiono w pracach: [A1], [A2], [B1], [B2], [B3], [C4], [C5], [C6], [C9], [C12], [C13], [C14], [C15], [C17], [C20], [C24], [C27], [C28], [C32], [C33],
- przeprowadzono modelowanie i symulacje procesów elementarnych metodą elementów skończonych w kontekście obniżenia siły i pracy kruszenia - zagadnienie to omówiono w pracach: [A2], [C16], [C19], [C22], [C23], [C26], [C31], [C34],
- w celu realizacji badań doświadczalnych zaprojektowano i wykonano szereg przyrządów pozwalających na badanie procesów elementarnych i maszynowych, [A1], [A2], [A3], [C17], [C30].

Drugi obszar badań dotyczy opracowań założeń projektu kapsuły ratunkowej wspomagającej pracę służb ratunkowych w środowiskach niebezpiecznych oraz projektu którego celem jest wzmocnienie siły mięśni użytkownika.

- opracowanie koncepcji kapsuły ratunkowej - zagadnienie to omówiono w pracach: [C3], [C7], [C8],
- opracowaniu modeli akcji ratunkowej - zagadnienie to omówiono w pracach: [C3], [C7], [C8],
- opracowanie wstępnej koncepcji egzoszkieletu nóg - zagadnienie to omówiono w pracy [C11].

Trzeci obszar badań dotyczy prac doświadczalnych i symulacji numerycznych dotyczących opracowania systemów pomiaru stopnia zagęszczenia gruntu.

- przeprowadzono badania z doświadczalnych z pomiarem stopnia zagęszczenia gruntu - zagadnienie to omówiono w pracy [B4],
- przedstawiono koncepcję modelu odwzorowującego zachowanie się podłoża (gruntu) wyniku zagęszczania go walcem i zagęszczarką płytową - zagadnienie to omówiono w pracy [B5].

5.2. Podsumowanie całości dorobku habilitanta

Liczba publikacji (po doktoracie):

- Monografie: 3
- Rozdziały w monografiach: 1
- Publikacje w czasopismach WoS, Springer, Scopus: 5
- Publikacje w czasopismach na liście B: 26
- Publikacje w materiałach konferencyjnych zagranicznych i krajowych: 7
- Łączna liczba publikacji: 39

Dane bibliometryczne (stan na dzień 7.02.2019) baza Google Scholar liczba cytowań 36, h-Index=3.

5.3. Wygłoszone referaty na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych

1. Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S., Kwaśniewski A.: Zastosowanie nowego kształtu płyty kruszącej w mechanicznym rozdrabnianiu skał ,XLII Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej i Geoinżynierii, 11-14.03.2019, Karpacz, Polska

2. Maciejewski J., Bąk S., Ciężkowski P., Modelling of rock joints interface under cyclic loading, XLII Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej i Geoinżynierii, 11-14.03.2019, Karpacz, Polska
3. Kwaśniewski A., Mirosław T., Bąk S., Ciężkowski P., Maciejewski J., 2018: Monitoring of soil density during compaction processes, International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-stationary Operations, 20-22 June, Santander, Hiszpania
4. Mirosław T., Kwaśniewski A., Ciężkowski P., Maciejewski J.: The model of soil compaction process and concept of smart compactor, 2018, International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-stationary Operations 2018, Santander, Hiszpania
5. Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S., 2017, Analysis of energy consumption of crushing processes – comparison of one-stage and two-stage process, XI Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej i Geoinżynierii, 20 - 23 marca, Karpacz, Polska
6. Bąk S., Ciężkowski P., Maciejewski J., Kuśmierczyk J., 2016, Zastosowanie różnych typów kruszarek w recyklingu tworzyw sztucznych, XXIX Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, 25.01 – 27.01, Zakopane, Polska
7. Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S., Kuśmierczyk J., 2016, Wpływ parametrów technologicznych na efektywność procesu kruszenia skał, XXIX Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, 25.1-27.01, Zakopane, Polska
8. Kwaśniewski A., Ciężkowski P., 2016, Selected design issues of toggle plate selection on the example of the single jaw crusher, XXIV Francusko- Polskie Seminarium Mechaniki, 17.10 – 17.10, Warszawa, Polska
9. Ciężkowski P., Przerwa P., Bąk S., 2016, Studies on Photoelastic Models of Elementary Crushing Processes, XXIV Francusko- Polskie Seminarium Mechaniki, 17.10, Warszawa, Polska
10. Zawadzki A., Ciężkowski P., Mirosław T., Szlagowski J., Żebrowski Z., 2016, Function modeling of a rescue capsule for casualties evacuation using a strategic game as an alternative verification method, XXIV Francusko- Polskie Seminarium Mechaniki, 17.10, Warszawa, Polska
11. Ciężkowski P., Kwaśniewski A., 2016, Koncepcja osprzętu kruszącego dla koparki VIII Międzynarodowa Konferencja „Systemy Mechatroniczne Pojazdów i Maszyn Roboczych”, 25.11, Warszawa, Polska
12. Kuśmierczyk J., Bąk S., Maciejewski J., Ciężkowski P., 2016, Badania doświadczalne i symulacja oddziaływania lemiesz na grunt, XXIX Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, 25.01–27.01, Zakopane, Polska
13. Ciężkowski P., Maciejewski J., Bąk S., 2016, Evaluation of Influence of Crushing Plates Shape on “Mucharz” Sandstone Crushing Process, the ICTD-CMMNO 2016 CONGRESS is a joint scientific event of: the 6th International Congress on Technical Diagnostic, - 6th ICTD, the 5th International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations - 5th CMMNO, Gliwice, Polska
14. Ciężkowski P., Maciejewski J., 2016, Study on Load Distribution in the Working Space of Lever Crusher, the ICTD-CMMNO 2016 CONGRESS is a joint scientific event of: the 6th International Congress on Technical Diagnostic, - 6th ICTD, the 5th International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations - 5th CMMNO, Gliwice, Polska
15. Bugała P., Miernik M., Miernik Ł., Izdebski N., Antoniuk A., Paweł Ciężkowski P., 2015, Monitoring system in Aria pneumatic vehicle, VII Międzynarodowa Konferencja „Systemy Mechatroniczne Pojazdów i Maszyn Roboczych”, Warszawa, Polska
16. Ciężkowski P., Mirosław T., Zawadzki A., Żebrowski Z., 2014, The concept of modular rescuing capsule for action in danger environment, XXVI Polish-German Scientific Seminar, 24.06- 27.06, Warszawa, Polska
17. Ciężkowski P., Gniadek M. 2014, Mechanisms of destruction of brittle Materials in the process of crushing and cutting, XXVI Polish-German Scientific Seminar, 24.06- 27.06, Warszawa, Polska
18. Ciężkowski P., Mirosław T., Zawadzki A., Żebrowski Z., 2014, Metodyka weryfikacji założeń projektu koncepcyjnego na przykładzie kapsuły ratunkowej do ewakuacji poszkodowanych w środowisku niebezpiecznym, I Konferencja Logistyka w Ratownictwie, Suwałki 8-11.09, Polska
19. Ciężkowski P., Bąk S., 2014, Badania eksperymentalne procesu rozdrabniania bryłek prostopadłościennych w kruszarce szczękowej wyposażonej w płyty trapezowe, XXII Francusko-Polskie Seminarium Mechaniki, Warszawa, Polska
20. Ciężkowski P., Mirosław T., Zawadzki A., Żebrowski Z., 2014, Model funkcjonalny kapsuły ratunkowej do ewakuacji poszkodowanych w warunkach niebezpiecznych, I Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Bezpieczeństwo techniczne 2014”, 11.12-12.12, Wrocław, Polska
21. Ciężkowski P., Bąk S., 2013, Badania procesu kruszenia szczękami o zmiennej podziałce i wysokości karbu plakat prezentowany na Konferencji Naukowej Doktorantów i Młodych Naukowców. Młodzi dla techniki 6 listopada Płock, Polska

22. Ciężkowski P., Maciejewski J., Buczyński A., 2012, XXIV Experimental analysis of the crushing processes exerted by the coaxial punches of various shapes, Polsko - Niemiecka Konferencja Naukowa "Development Trends in Design of Machines and Vehicles", 7.05 – 11.05, Warszawa, Polska
23. Ciężkowski P., 2012, Doświadczalne badania sił kruszenia szczękami o różnym kształcie, XXV Konferencji Naukowej Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane, 22-25.01, Polska
24. Ciężkowski P., Maciejewski J., Buczyński A., 2012 Experimental studies of rocks crushing by a group of three flat punches, XX French Polish Seminar of Mechanics Warsaw, 21.05, Polska
25. Ciężkowski P., Chochoł K., 2012, Wpływ kształtu powierzchni płyty kruszącej na rozkład obciążeń w przestrzeni roboczej kruszarek dźwigniowych, VII Międzynarodowej Konferencji nt.: Modelowanie i Symulacja Zjawisk Tarciovych w Układach Fizycznych Strukturach Technicznych "TARCIE 2012", Warszawa, 21.05, Polska
26. Buczyński A., Ciężkowski P., 2010, Mechanizmy zniszczenia w modelowych procesach kruszenia materiałów skalnych, XVIII Francusko-Polskie Seminarium Mechaniki Warszawa, 31.05, Polska
27. Ciężkowski P., 2010: O przybliżonej metodzie określania kąta tarcia wewnętrznego materiałów kruchych, VI Międzynarodowa Konferencja n.t. Modelowanie i symulacja zjawisk tarciovych w układach fizycznych strukturach technicznych "TARCIE 2010" Warszawa, 01.06, Polska
28. Ciężkowski P., 2010, Zagadnienie obciążania stemplami płaskimi ciał kruchych w warunkach przestrzennej deformacji, VI Międzynarodowa Konferencja n.t. Modelowanie i symulacja zjawisk tarciovych w układach fizycznych strukturach technicznych "TARCIE 2010" Warszawa, 01.06, Polska
29. Ciężkowski P., 2010, Zagadnienie określania podziałki w procesach kruszenia bloków układem stempli, XXIII Konferencji Naukowej Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane 25-28.01, Polska
30. Ciężkowski P., Buczyński A., Szymański R., 2010, Simulation of limit loads of the brittle blocks crushing, Proc. of IX International Technical Systems Degradation Conference, Liptovský Mikuláš, April 7-10, Słowacja
31. Ciężkowski P., Gumiński R., 2010, Application of the normal distribution to maximal force prediction for Blake's a model crusher, IX International Technical Systems Degradation Conference, Liptovský Mikuláš, April 7-10, Słowacja
32. Ciężkowski P., 2009, Siły graniczne i energia kruszenia bloku skalnego przy różnym ustawieniu stempla obciążającego, XXII Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane 19-22 stycznia, Polska
33. Ciężkowski P., 2009, Numeryczna symulacja obciążenia bloku skalnego za pomocą układu trzech stempli płaskich, XXII Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane 19-22 stycznia, Polska
34. Ciężkowski P., 2008, Badania rozkładów sił kruszenia w płycie rozporowej kruszarki modelowej Blake'a, Konferencja Naukowo-Technicznej, Maszyny i pojazdy dla budownictwa skalnego, Wrocław 25-28 września, Polska
35. Ciężkowski P., 2008, Remarks on Definition of Tensile Strength of Brittle Materials, XVI Francusko-Polskie Seminarium Mechaniki, Warsaw, 15 may, Polska
36. Ciężkowski P., Dziewczopolski P., 2008, O weryfikacji niektórych hipotez energetycznych mechaniki kruszenia, materiały XVI Francusko-Polskiego Seminarium Mechaniki, Warszawa czerwiec, Polska
37. Ciężkowski P. 2008, Badania rozkładów sił kruszenia w przestrzeni roboczej kruszarki modelowej Blake'a, XXI Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych Zakopane 21-24 stycznia, Polska
38. Ciężkowski P., Zawada J., Buczyński A., 2007, Numeryczna symulacja obciążenia bloku skalnego współosiowymi stemplami, IV Międzynarodowe Sympozjum Mechaniki Zniszczenia Materiałów i Konstrukcji, Augustów 30.05-2.06, Polska
39. Ciężkowski P., Zawada J., Buczyński A. 2007, O dokładności metody elementów skończonych w określaniu obciążeń granicznych i energii kruszenia, XX Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane 22-25.01, Polska

5.4. Opis zagadnień naukowych poruszanych w konferencjach

Na konferencjach omawiano następujące zagadnienia dotyczące:

- Badań płyt o zmiennej podziałce i szerokości karbu na efektywność procesu kruszenia (K1)
- Badań doświadczalnych procesów elementarnych ich symulacji wykorzystaniem metody nośności granicznej i metody elementów skończonych (K22, K23, K24, K26, K28, K29, K30, K32, K33, K38, K39)
- Badań elastooptycznych procesów elementarnych (K9)
- Analizy rozkładu sił i pracy kruszenia na płycie stałej kruszarki i w płycie rozporowej (K21, K25, K31, K34, K37)
- Przedstawienie badań doświadczalnych i symulacji oddziaływania lemiesza na grunt (K12)

- Badań możliwość zastosowania różnych typów kruszarek w recyklingu tworzyw sztucznych (K6)
- Projektu kapsuły ratunkowej (K10, K16, K18, K20)
- koncepcji łyżki kruszącej do koparki jednonaczyniowej (K11)
- Maszynowego rozdrabniania (K1, K5, K7, K13, K14, K19, K36)
- Opisu procesu rozdrabniania za pomocą hipotez energetycznych (K36)
- Projektu pojazdu pneumatycznego „Aria” (K15)
- Przybliżonej metody określania kąta tarcia wewnętrznego (K27)
- Modelowania rozwoju uszkodzenia, tarcia i zużycia na powierzchniach kontaktowych geomateriałów (K2)
- Modelowania zagęszczania podłoża (K4)
- Rozdrabniania pojedynczych brył nadawy (K35)
- Wpływ kinematyki kruszarki na efektywność rozdrabniania (K8)
- Monitorowanie procesu zagęszczania (K3)

5.5. Projekty badawcze, badawczo-rozwojowe oraz prace naukowo-badawcze

a) Projekty realizowane w roli kierownika projektu:

- P1. Projekt, wykonanie i badania poszycia oraz systemu ogrzewania powietrza dla pojazdu pneumatycznego „Aria”, data rozpoczęcia 29.05.2015, data zakończenia 31.12.2015, grant rektorski, badawczy podstawowy, 540020200127
- P2. Projekt i budowa systemu telemetrii do pojazdu pneumatycznego, data rozpoczęcia 29.05.2014, data zakończenia 31.12.2014, grant rektorski, badawczy podstawowy, 540020200047,
- P3. Projekt i budowa innowacyjnego układu sterowania silnikiem pneumatycznym, data rozpoczęcia 29.05.2013, data zakończenia 31.12.2013, grant rektorski, badawczy podstawowy, 500C/1000/1150/541
- P4. Koncepcje nowych konstrukcji płyt kruszących zwiększających efektywność maszyn (wzrost wydajności, obniżenie energochłonności i obciążeń) - studia teoretyczne i doświadczalne, data rozpoczęcia 30.06.2009, data zakończenia 29.06.2012, projekt badawczo-rozwojowy (projekty finansowane przez MNiSW), 3380/B/T02/2009/36

b) Projekty realizowane w roli wykonawcy:

- P5. Badanie doświadczalne i modelowanie procesów urabiania gruntów i skał cz. II., data rozpoczęcia 22 02 2016, data zakończenia 31 03 2017, 504/02830/1151, działalność statutowa WSiMR,
- P6. Opracowanie autorskich rozwiązań w zakresie płyt szczękowych do kruszenia materiałów betonowych, data rozpoczęcia 10-11-2016, data zakończenia 31-03-2017, 501/H/1154/0165, praca realizowana w ramach konkursu: Oś priorytetowa I „Działalność badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw” dla Działania 1.2 „Bon na Innowacje”, Mazowiecka Jednostka Wdrażania programów unijnych, RPMA.01.02.00-14-4556/16 (Regionalny Program Operacyjny Województwa Mazowieckiego (RPO WM))
- P7. Modułowa kapsuła ratunkowa do ewakuacji poszkodowanych w środowisku niebezpiecznym, data rozpoczęcia 01-10-2013, data zakończenia 31-03-2016, PBS2/B2/10/2013, Program Badań Stosowanych (PBS), Projekt finansowany przez NCBiR,
- P8. Egzoszkielet kompatybilny z systemem przenoszenia Indywidualnych Systemów Walki TYTAN, data rozpoczęcia 20-12-2013, data zakończenia 19-04-2016, DOBR/0037/R/ID1/2012/03, projekt finansowany przez NCBiR,
- P9. Badania doświadczalne i modelowanie procesów urabiania gruntów i skał, data rozpoczęcia 01-06-2013, data zakończenia 31 03 2014, 504 P 1151-3103, działalność statutowa
- P10. Wpływ prędkości obciążania na siły i energię kruszenia (na przykładzie modelowej kruszarki Blake'a), Praca statutowa, 504-G-1151-3045, IMRC PW 2009.
- P11. Analiza modelowych procesów kruszenia z zastosowaniem MES cz. I, data rozpoczęcia 01-06-2007, data zakończenia 31 03 2008, 504 G 1151 3028, działalność statutowa.
- P12. Analiza mechanizmów dźwigniowych kruszarek, cz. II, dynamika, praca statutowa 504-G-1151-3002, data rozpoczęcia 01-06-2006, data zakończenia 31-03-2007

c) Opis projektów

W ramach projektów badawczych realizowano wiele prac doświadczalnych jak i symulacji numerycznych dotyczących procesów elementarnych i maszynowych kruszenia, kinematyki kruszarki, projektu egzoszkieletu i kapsuły ratunkowej dla poszkodowanych:

- Opracowano autorskie rozwiązanie w zakresie projektu i doboru płyt szczękowych do kruszenia materiałów kruchych tj.: beton, skały, opracowano model (algorytm) doboru wielkości i kształtu karbów na płycie

rozdrabniającej (P4, P10, P11). Wykonano projekty płyt rozdrabniających do kruszarek szczękowych, zaprojektowano płytę kruszącą do kruszarki firmy Makrum (P4), Przedstawiono kształt płyty rozdrabniającej do rozdrabniania strunobetonu (P6).

- Zaprojektowano i wykonano pojazd pneumatyczny „Aria”, wykonano układu jego sterowania, zaprojektowano system telemetrii dla pojazdu pneumatycznego Aria, konstrukcję pozytywnie zweryfikowano na zawodach międzynarodowych (P1, P2, P3).
- Wykonano program umożliwiający analizę mechanizmów kruszarek dźwigniowych w celu zbadania wpływu układu kinematycznego na wartość obciążenia przestrzeni roboczej kruszarki, mechanizmy dźwigniowe, efektywność procesu rozdrabniania (P4, P12).
- Opracowano autorski program do wyznaczania siły i pracy kruszenia w modelowych procesach kruszenia (P4), .
- Opracowano założenia i koncepcje egzoszkieletu, zaprojektowano i wykonano stanowiska do badań egzoszkieletu (P8).
- Opracowano założenia techniczne i koncepcje dla kapsuły ratunkowej (P7).
- W ramach projektu zbudowano i zmodernizowano kilka stanowisk w Laboratorium Maszyn Roboczych i Laboratorium Maszyn Budowlanych (P4, P5, P8).

Wyniki realizowanych prac były publikowane w wyżej wymienionych publikacjach lub raportach z projektów. W ramach projektów zmodernizowano, zaprojektowano i wykonano stanowiska do badań na Wydziale SiMR.

5.6. Nagrody dotyczące działalności naukowej:

Nagroda zespołowa, 2017, II stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia naukowe w roku 2016/2017

5.7 Informacje dodatkowe:

Od 2007 roku habilitant opracował pięć recenzji do czasopism z listy B

1. Przegląd Mechaniczny (MNISW; lista B) -2 szt.
2. Zeszyty Naukowe Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów (MNISW; lista B) -3 szt.