

dr hab. inż. Marek Lefik, prof. PŁ
Politechnika Łódzka
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Katedra Geotechniki i Budowli Inżynierskich
Al. Politechniki 6,
90-924 Łódź.

Tel. 696 054 341, 42 631 35 00

Łódź, 27 września 2017 roku

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Natalii Pietrzak
zatytułowanej:
„The influence of inertia forces on soil settlement under harmonic load”**

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną do napisania tej recenzji jest decyzja Rady Wydziału Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej o wyborze recenzenta oraz związane z tym pismo zlecające wykonanie recenzji.

2. Przedmiot oceny

Przedmiotem oceny jest rozprawa doktorska opracowana przez mgr inż. Natalię Pietrzak na temat:

„The influence of inertia forces on soil settlement under harmonic load”

Promotorem pracy jest profesor dr hab. inż. Bogumił Wrana.

Praca powstała na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej. Napisana w języku angielskim rozprawa liczy 137 stron, jest podzielona na 7 rozdziałów, ilustruje ją 77 rysunków. Załącznik zawiera zestawienie macierzy Metody Elementów Skończonych. Spis literatury zawiera 76 pozycji. Zamieszczone są streszczenia w języku polskim i angielskim.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy, ocena trafności doboru jej tematu, tytułu, i sformułowania tezy.

W recenzowanej pracy sformułowano rodzinę teoretycznych modeli przybliżonych dla zagadnienia dynamiki ośrodka dwu i trójfazowego. Rozpatruje się modele sformułowane zgodnie z założeniami teorii mieszanin w oparciu o uśrednianie objętościowe. Rozważane modele opisują przemieszczenia szkieletu gruntowego, prędkość wody, ciśnienie porowe i naprężenia w szkielecie ośrodka gruntowego o porach wypełnionych wodą całkowicie lub częściowo.

Rola poszczególnych, jakościowych składników modeli teoretycznych w dynamice gruntów to bardzo ciekawe zagadnienie teoretyczne, warte rozprawy doktorskiej. Ma ono fundamentalne znaczenie dla formułowania teorii oraz dla praktycznych rozwiązań

inżynierskich. Recenzowana praca podejmuje bardzo ważną problematykę sformułowania modelu teoretycznego, w którym interakcja fazy stałej i fazy ciekłej wzięta jest pod uwagę w sposób przybliżony, wyznaczony przez możliwości teoretyczne metody uśredniania objętościowego oraz idealizację oddziaływania pomiędzy dwoma ośrodkami. Tematyka ta jest przedmiotem zainteresowania wielu zespołów badawczych w Polsce i na świecie. O znaczeniu badań nad opisem konstytutywnym gruntu dla rozwoju geotechniki i mechaniki gruntów świadczy duża ilość publikacji na ten temat, ukazujących się w wiodących periodykach naukowych.

Temat rozprawy jest ponad wszelką wątpliwość, aktualny i interesujący dla środowiska naukowego mechaniki i dynamiki gruntów.

Tytuł pracy sformułowany jest wąsko, bardziej szczegółowo niż wskazuje na to zawartość pracy. Doktorantka bada raczej właściwości modelu teoretycznego gruntu rozpatrywanego jako ośrodek trójfazowy niż związek tego modelu z rzeczywistością fizyczną. Nie kalibruje modelu, nawet tych jego elementów, które wiążą przemieszczenia dwóch ośrodków. Jest to ważna uwaga gdyż nawet model niedoskonały z teoretycznego punktu widzenia może okazać się dobrym narzędziem obliczeniowym pod warunkiem jego właściwego skalibrowania na podstawie obserwacji.

Tezę pracy sformułowano w rozdziale pierwszym. Celem pracy jest przedstawienie roli każdej z faz (szkielet i ciecz) w dynamice dwufazowego ośrodka porowatego. Tezę tę wykazano przez zaobserwowanie różnic w zapisach teorii oraz w wynikach obliczeń dla eksperymentów myślowych polegających na eliminacji członów opisujących wpływ badanych czynników na rozwiązanie. Układ pracy podporządkowany jest logicznie temu celowi. W kolejnych rozdziałach Doktorantka przechodzi od przeglądu historycznego rozwoju modelu mieszanin i uśredniania objętościowego aż do rozwiązania zagadnienia dwuwymiarowego dynamiki ośrodka trójfazowego przy pomocy Metody Elementów Skończonych.

Udowadniając tezę pracy, Doktorantka osiągnęła ważny cel poznawczy polegający na ustaleniu ilościowym i jakościowym roli poszczególnych elementów opisu teoretycznego..

Dysertacja ma zaletę aktualności: wnosi nową informację o możliwych sposobach modelowania gruntów. Recenzowana praca dotyczy zagadnień trudnych, aktualnych i wymagających wiarygodnych modeli, użytecznych w zastosowań inżynierskich.

4. Szczegółowa analiza treści rozprawy i jej ocena merytoryczna

W tym punkcie recenzji przedstawiona zostanie treść kolejnych rozdziałów oraz uwagi dotyczące ich zawartości merytorycznej.

4.1. Rozdział pierwszy to rozdział wstępny. Przedstawiono w nim najogólniejszą terminologię, podstawowe kategorie zagadnień w dynamice gruntów przedmiot pracy, i krótkie uzasadnienie jego wyboru. Zapisano listę zagadnień, analizowanych w dysertacji dla jedno i dwuwymiarowego ośrodka. Przedstawiono również krótko zawartość kolejnych rozdziałów.

Doktorantka deklaruje, że jej celem jest przedstawienie roli każdej z faz (szkielet i ciecz) w dynamice dwufazowego ośrodka porowatego. Wynikiem rozważań będzie prezentacja różnic w zapisach teorii oraz w wynikach obliczeń.

Jak można zrozumieć - sformułowano tym samym tezę pracy. Uważam, że takie sformułowanie jest dopuszczalne, nadaje pracy charakter przeglądu istniejących modeli i ich autorskich rozwinięć.

Sformułowania w tym wstępnym rozdziale nie są całkowicie precyzyjne. Nie wiadomo jeszcze czy przedmiotem pracy będzie ośrodek porowaty, czy ośrodek gruntowy. Drobne

niezręczności w bardzo ogólnych definicjach (np. processes unstable in time, określenie modelu z odplywem i inne) wynikają zapewne z dużego skrótu, dopuszczonego dla krótkiego rozdziału wstępnego. W dalszych rozdziałach większość tych określeń odnajduje swój szczegółowy i prawidłowy zapis.

4.2. W rozdziale drugim przedstawiono krótki przegląd historyczny rozwoju mechaniki ośrodków porowatych. Rozwój ten, zgodnie z wizją R. de Boera podzielono na trzy jakościowe okresy. Doktorantka śledzi selektywnie rozwój teorii ośrodków dwufazowych, podkreślając te zdarzenia, które prowadzą do zrozumienia roli indywidualnych składników w mikroskopowo niejednorodnym ośrodku.

W rozdziale tym można znaleźć liczne odwołania do źródeł, które pozwalają stwierdzić, że Doktorantka zna podstawowe prace dotyczące swojego obszaru zainteresowań. Zwraca uwagę stosunkowo krótka lista publikacji, jednak po uważnej lekturze pracy jest jasne, że literatura zebrana jest oszczędnie, ale tak, że wszystkie podstawowe myśli oraz pojęcia, ważne dla pracy, są w niej udokumentowane. Nie ma w niej powtórzeń różnych prac tego samego autora, niewnoszących wiele nowego do studiowanego zagadnienia.

Recenzentowi brak jednak odniesienia do artykułów przedstawiających jakościowo inne modele, otrzymane na drodze innych niż uśrednianie technik analizy ośrodka niejednorodnego.

4.3. W rozdziale trzecim przedstawiono zagadnienie propagacji fal sprężystych w ośrodkach dwufazowych i trójfazowych. Doktorantka przedstawia kolejno wyprowadzenie równań dla fali podłużnej odkształcenia objętościowego oraz dla fali poprzecznej ścinania. Wyprowadzenia wzorów na prędkości rozchodzenia się tych fal dla ośrodka jednorodnego i jednofazowego są całkowicie klasyczne. Fale powierzchniowe Rayleigha oraz Love'a zostały jedynie wymienione i scharakteryzowane bardzo pobieżnie.

W dalszej części rozdziału, dla przypadku ośrodka dwufazowego (rozpatrywany jest ośrodek porowaty całkowicie nasycony) zastosowano podejście Biota bazujące na dynamice ośrodka ciągłego, w punktach którego (w skali makro) obecne są obie fazy: szkielet i płyn. Podejście to jest wynikiem uśredniania objętościowego. Wyprowadzenie wzorów zdeterminowane jest postulatem (3.27), w którym przyjmuje się, zgodnie z pracami Biota, szczególny zapis energii kinetycznej na poziomie makro. Prowadzi to do zapisania rodziny parametrów materiałowych będących funkcją właściwości szkieletu i płynu. Zapis uogólnionego równania na wartości własne na początku rozdziału 3.2.3 jest słabo powiązany z dotychczasowym tokiem rozumowania, lista symboli rozrasta się tu po raz pierwszy, nie wszystkie są objaśnione i nazwane. Już w (3.43) pojawia się niewyjaśniony symbol r , później – rodzina symboli S z indeksami dolnymi lub górnymi, Y i inne, których znaczenia trzeba się domyślać. W wielu pracach, w których mamy do czynienia z dużą liczbą symboli pochodnych, lista oznaczeń (a jeszcze lepiej – załącznik zestawiający ich nazwy i wzajemne zależności) znakomicie ułatwia czytanie pracy. Brak takiego zestawienia jest, moim zdaniem, błędem redakcyjnym. Jakościowe wyniki wyprowadzeń dokumentują pojawienie się dwóch prędkości odkształcenia objętościowego oraz przedstawiają wzory na prędkości i amplitudy fali ścinania. Wyprowadzenia wzorów, które są główną częścią tego rozdziału nie są staranne. Są one również skomentowane bardzo oszczędnie. W przykładzie Doktorantka oblicza wartości prędkości fali ścinania w żwirze w pełni nasyconym.

W dalszej części rozdziału rozpatrywany jest ośrodek trójfazowy w ramach tego samego podejścia uśrednionego kontinuum. Przyjęto klasyczną formę naprężenia efektywnego (3.79) i związek konstytutywny w formie przyrostowej zapisany równaniem (3.83). Otrzymano prędkości fal odkształcenia objętościowego oraz fali ścinania dla trzech przypadków wzajemnego ruchu powietrza, wody i szkieletu gruntowego. Rozwiązania równań uzyskano

przyjmując nieciągłość funkcji przyspieszenia (czy rzeczywiście używa się terminu skip function?). Ten fragment rozdziału napisany jest najstaranniej, lecz i tu – brak listy oznaczeń zmusza do poszukiwania oznaczeń w tekście. Zebranie w doktoracie starannych wyprowadzeń równań opisujących liczne przypadki rozchodzenia się fal w ośrodku trójfazowym jest cennym osiągnięciem, dlatego ułatwienie czytelnikowi śledzenia oznaczeń i obszerniejsze komentowanie toku przekształceń jest wysiłkiem, który należy podjąć przy ewentualnej publikacji pracy.

Autorka nie rozdziela wyraźnie osiągnięć własnych od tych, które zaczerpnęła z badań klasyków lub promotora i współpracowników. Zmusza to recenzenta do analizy publikacji oryginalnych i samodzielnej oceny wkładu Doktorantki.

4.4. Treścią rozdziału czwartego jest zapis równań równowagi, związków konstytutywnych i warunków brzegowych dla ośrodka dwufazowego. Równania (4.9) i (4.10) nie wyglądają na prawidłowe, prawdopodobnie ze względu na błędy edytorskie. Również tekst poniżej tych równań niewiele wyjaśnia. W dalszej części rozdziału Autorka wprowadza opis sprężysto plastyczny materiału dwufazowego, skomplikowany ze względu na liczbę członów i hipotez dotyczących części przyrostów tensora odkształcenia zależących od naprężenia efektywnego i ciśnienia cieczy. Celem tego rozdziału jest przygotowanie równań, które zawierają człony statyczne, człony zależne od prędkości i od przyspieszeń z wyróżnionym wpływem obu faz. W ten sposób, w dalszej analizie będzie można rozpatrywać ich szczególne przypadki. Otrzymane równania powinny być jaśniej skomentowane. Nie jest jasne w jaki sposób otrzymano równanie (4.23) podstawiając do (4.22) równania (4.2), (4.3) i (4.21). Powinno być wyjaśnione w jaki sposób opis przyrostowy zamienia się na opis, w którym operuje się wielkościami całkowitymi. Nie jest jasne co się stało z naprężeniem efektywnym. Warunki brzegowe i początkowe zapisane są na częściach dotyczących szkieletu i porów. Części te nie muszą być geometrycznie rozłączne. Wydaje się, że ilustruje to rysunek 4.3. Każda z tych części brzegu podzielona jest z kolei rozłącznie na dwie części, na których jedna z wielkości dualnych jest zadana. Zgodnie z zapisem, na części związanej ze szkieletem zadane jest naprężenie całkowite. Czy możliwy jest przypadek, gdy obszar brzegu, na którym zadano naprężenie nie pokrywa się z obszarem, na którym zadano ciśnienie p ? Czemu w przykładzie 5.1.4. wprowadzona terminologia obszarów na brzegu nie jest użyta? Wydaje się, że w obu przykładach (również w 5.2.2.) zadane jest naprężenie efektywne. Dyskusja tych warunków brzegowych byłaby bardzo ciekawa z punktu widzenia inżynierskiego i z punktu widzenia formalizmu. Poszukiwałem również kontynuacji zapisu warunków brzegowych ze strony 66 w rozdziale poświęconym sformułowaniu równań MES, jednak nie jest dla mnie jasne, czy jest to w tym rozdziale rozważane tak ogólnie. W załączniku zebrano tylko te macierze, które dotyczą wnętrza elementu. Całkowania po odpowiednich brzegach nie są wyraźnie zapisane, jak się wydaje.

4.5. W rozdziale piątym, przygotowane uprzednio równania użyte są do analizy trzech przypadków opisu jednowymiarowego ośrodka dwufazowego: przypadku dynamicznego, przypadku u - p (pominięte przyspieszenia fazy ciekłej) oraz przypadku quasi statycznego (pominięte wszystkie składniki zawierające przyspieszenia). Sformułowania z rozdziału czwartego przekształcone są tak, aby wyeliminować naprężenia i ciśnienie porowe. Operacje te są opisane bardzo skrótowo w dwóch pierwszych zdaniach sekcji 5.1.1. Oczywiście, można odgadnąć, co zawiera macierz D jednak trudno znaleźć to oznaczenie w rozdziale poprzednim.

Można się domyślać, że przedstawiona analiza dotyczy rozwiązań symbolicznych znalezionych dla układów równań na amplitudy przemieszczenia szkieletu i cieczy (5.6),

(5.10) oraz (5.14). Również w równaniach (5.10) amplitudy mają ten sam sens fizyczny jak w równaniach (5.6) pomimo tego, co jest napisane w pierwszym zdaniu sekcji 5.1.2.

Rozwiązano zagadnienie nieskończonej warstwy sprężystej, jednorodnej opartej na podłożu sztywnym, nieprzepuszczalnym, obciążonej obciążeniem rozłożonym równomiernie, harmonicznym o danej amplitudzie i częstotliwości na odcinku nieskończonym (prawdopodobnie nieskończonym, gdyż rysunek 5.1 przedstawia obciążenie na skończonym odcinku). Obliczenia przeprowadzono dla pięciu bezwymiarowych częstotliwości. Pierwszy z przypadków traktowany jest jako przypadek odniesienia, jego rozwiązanie przedstawiane jest jako rozwiązanie dokładne. Należy jednak podkreślić, że i to rozwiązanie jest daleko idącą idealizacją, choćby przez zastosowanie techniki uśredniania objętościowego i aparatu pojęciowego teorii mieszanin. Zgadza się z Autorką, że rysunki 5.7 i 5.8 są jedyne wygodne do przeprowadzenia porównań. O tym, co jest ujęte na osiach wykresu można domyślać się z jego tytułu. We wszystkich przypadkach dwa rozwiązania dynamiczne dają wyniki jakościowo inne niż rozwiązanie quasi statyczne. Należy się zgodzić z wnioskami, dotyczącymi stosowności każdego z trzech analizowanych przybliżeń, jakie doktorantka wysnuwa z tych analiz.

Kolejna analiza jakościowa zawarta w części 5.2 omawianego rozdziału dotyczy wpływu parametrów gruntu na odpowiedź ośrodka na obciążenie harmoniczne. W tym podrozdziale, jako przykład obliczeniowy, omawiana jest kolumna Biota. Nie jest jasne, czym różni się ten sposób sformułowania zadania jednowymiarowego od poprzedniego. Rozwiązany został układ równań opisujący transfer energii pomiędzy fazami ośrodka. Recenzentowi wydaje się niejasne zdanie fundamentalne dla zrozumienia dalszej części rozdziału, jedyne sformułowane w sekcji 5.2.2.3. Stopień nasycenia zwykle oznacza się symbolem S_r . Oczywiście dla $S_r = 1$ wartość 2200 MPa jest prawdziwa. Jednak kolejne zależą prawdopodobnie od zawartości gazu w wodzie i to gazu nierozpuszczonego. Jest to prawdopodobny sposób rozumienia symbolu „degree of saturation S” ale można mieć również inne hipotezy dotyczące tej fundamentalnej w tym rozdziale wielkości, być może nie chodzi o moduł ściśliwości cieczy, jak napisano, ale całej mieszaniny? Na wszystkich wykresach przedstawiono jakościowo inny wynik dla S równego 100% i dla S „niewiele mniejszego” niż 100%. Różnica jest jakościowa gdyż wykresy przedstawiono w decybelach. Autorka przedstawia w tym rozdziale bardzo bogaty materiał analityczny, który ilustruje rolę cieczy w mieszaninie. Wniosek dotyczący jej roli tłumiącej jest, oczywiście, prawidłowy.

4.6. Rozdział szósty poświęcony jest rozwiązaniu zagadnienia dwuwymiarowego w ramach wyprowadzonej teorii. Większą część rozdziału zajmuje klasyczne wyprowadzenie równań Metody Elementów Skończonych. Jak poprzednio, układ równań upraszczany jest w ten sposób, że opuszcza się w nim człony odpowiedzialne za konsolidację, człony ujmujące zależność ciśnienia wody od czasu oraz, w ostatnim przypadku, człony dynamiczne.

Są to cztery przypadki, licząc z przypadkiem odniesienia – pełnym równaniem. W przykładzie obliczeniowym Doktorantka analizuje poprzednio rozpatrywaną kolumnę Biota, tym razem zdyskretyzowaną przy pomocy 5 elementów, klasycznie różnych dla ciśnienia porowego i przemieszczenia szkieletu. Równania ruchu całkowane są przy użyciu metody HHT- α z parametrem α równym zero. Autorka odsyła tu do literatury, jak rozumiem - aby wytłumaczyć wybór wartości parametru α , który klasycznie powinien być bliski jedności (0,7 ?). Zawsze jest to jednak rozwiązanie „implicite” i jako takie – właściwe dla rozważanego zagadnienia. W wyniku obliczeń Autorka uzyskała bardzo bogatą ilustrację jakościowo różnych zachowań uproszczonych modeli gruntu. Tym razem wyniki obliczeń prezentowane są klarownie, z wyraźnym podziałem na naprężenia efektywne i ciśnienie porowe. Różnorodne porównania przedstawione są na rysunkach zbiorczych 6.27 – 32 w sposób bardzo czytelny.

4.7. W pierwszej części rozdziału siódmego przedstawiono wnioski zebrane z wszystkich poprzednich rozdziałów. W drugiej - opisano plany dalszych badań. Wnioski, mimo że przedstawione bardzo syntetycznie, podsumowują zagadnienie oddziaływania dynamicznego pomiędzy wodą i szkieletem gruntowym w bardzo wielu aspektach, takich jak wpływ sposobu modelowania lub z drugiej strony – częstość obciążeń harmonicznyc. Wnioski znajdują swoje uzasadnienie w przeprowadzonych analizach numerycznych i w przedstawionych wynikach. W większości potwierdzają one konieczność wzięcia pod uwagę sprzężeń pomiędzy szkieletem gruntowym a wodą, przynajmniej w pewnych zakresach częstotliwości. Zgadzam się z tymi wnioskami. Jeśli chodzi o trzeci akapit na stronie 121, który ogólnie podsumowuje zrealizowanie tezy pracy, to brzmi on jak stwierdzenie oczywistości. Nie zmienia to jednak faktu, że Doktorantka uzyskała bardzo bogatą dokumentację numeryczną ilustrującą tezę swojej pracy.

5. Dyskusja

W związku z powyższą analizą merytoryczną zawartości pracy doktorskiej, przedstawię poniżej najważniejsze elementy, które są, moim zdaniem, dyskusyjne:

- Wszystkie porównywane w pracy rozwiązania to jedynie rozwiązania przybliżone (uważam, że rozwiązania odniesienia też są przybliżeniami rzeczywistej sytuacji fizycznej i co więcej – dość radykalnymi). Autorka powinna przedyskutować w pracy wybór metody naukowej z tego punktu widzenia.
- Nie znalazłem jakiegokolwiek odniesienia do wyników pomiarów. Czy Doktorantka poszukiwała danych pomiarowych, z którymi można porównać otrzymane wyniki obliczeń teoretycznych? Na przykład prędkości fal rozchodzących się w ośrodkach gruntowych nasyconych lub częściowo nasyconych, danych o tłumieniu, pomiar jakiegokolwiek przemieszczenia? Czy nie powinno się próbować wykonać obliczenia właśnie dla takich przykładów?
- Wybrano pewne dość szczególne przypadki gruntów do egzemplifikacji tez. Wydaje mi się, że przypadek żwiru nie jest dobrym wyborem. Przede wszystkim działanie członów dotyczących konsolidacji prawdopodobnie nie może być zaobserwowane. Po drugie – nie jest jasne jak wyobrazić sobie fizycznie w tym materiale stany niepełnego nasycenia bliskiego nasyceniu pełnemu.

Podkreślam, że wskazanie tych elementów, które wydają się dyskusyjne, nie obniża wartości pracy.

6. Uwagi dotyczące redakcji pracy

Pod względem redakcyjnym praca jest bardzo zróżnicowana. Układ pracy jest właściwy, w napisanej powyżej analizie merytorycznej podkreślone już zostały zalety tego układu. Język angielski jest na wysokim poziomie w rozdziałach wstępnych i w rozdziale ostatnim. W rozdziałach zdominowanych przez wyprowadzenia wzorów zauważa się pewna niedbałość w warstwie językowej. Niektóre błędy edytorskie w zapisie równań zostały wspomniane w analizie merytorycznej. Bardzo utrudnia czytanie pracy zróżnicowana wielkość pola tekstowego edytora wzorów oraz przenoszenie zapisu wzorów do wnętrza zdań.

Jak już wspomniałem, bardzo brakuje starannego opisu symboli a nawet, być może, odpowiedniego załącznika, zawierającego ich definicje i wyprowadzenia.

7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Wyniki badań wykonanych przez Doktorantkę pozwalają na ocenę roli różnych elementów modelu teoretycznego ośrodka gruntowego traktowanego jako ośrodek trójfazowy.

Zgadzam się z większością stwierdzeń sformułowanych przez Doktorantkę. Uważam, że świadczą one o Jej dojrzałości naukowej. Przedstawione przez Doktorantkę modele symboliczne i numeryczne stanowią istotny przyczynek do stanu wiedzy o możliwościach i ograniczeniach zastosowania modeli wywodzącego się z teorii Biota w dynamice gruntów.

Autorka wykazała się znajomością najważniejszych prac związanych z tematem rozprawy doktorskiej oraz ogólną wiedzą teoretyczną z tego zakresu. Wykazała się dużą kulturą matematyczną, umiejętnością zaprojektowania i przeprowadzenia zaawansowanych eksperymentów numerycznych.

Moim zdaniem, przedstawiona rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a także wskazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez jej Autorkę.

W związku z tym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Pietrzak spełnia wymagania „ustawy z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” oraz wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.



Marek Lefik