

INSPIRACJE HAMANA W KIERUNKU ROZWOJU NAUK AGROFIZYCZNYCH

Krystyna Konstankiewicz, Adam Pukos

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN
w Lublinie

Synopsis: W pracy przedstawiono badania prowadzone w Instytucie Agrofizyki PAN pod kierunkiem Profesora Janusza Hamana w wyniku współpracy z Wydziałem Techniki Rolniczej AR w Lublinie. Badania te zmierzają do sformułowania wspólnej mechaniki dla ośrodków biologicznych pochodzenia rolniczego.

Słowa kluczowe: mikromechanika, modele reologiczne, ośrodki trójfazowe.

“... Brak jest podstawowych teorii pozwalających, w sposób wystarczająco przybliżony, opisywać ośrodki biologiczne - rozumiane bardzo szeroko, chodzi nie tylko o tkankę roślinną lub zwierzęcą, lecz o wiele innych materiałów nie zaliczanych powszechnie do tej grupy np. glebę, która cechuje się, podobnie jak tkanka roślinna nieciągłością, intensywnym metabolizmem i metamorficznością.

Wskutek tego inżynier konstruujący maszyny rolnicze znajduje się w sytuacji konstruktora samolotu, który nie dysponowałby teorią aerodynamiki...”

J. Haman: “Od inżynierii rolniczej do bioinżynierii” –
Wykład z okazji otrzymania Doktoratu Honoris Causa
Akademii Rolniczej we Wrocławiu
30 września 1994 roku.

Wstęp

Tytuł przedstawionego wykładu pokazuje w najkrótszy sposób współpracę jaka od wielu lat istnieje między Instytutem Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN a Wydziałem Techniki Rolniczej AR w Lublinie.

Źródłem inicjatywy rozwiązywania wspólnych problemów naukowych są prace i osobiste zaangażowanie Profesora Janusza Hamana. Profesor Haman od początku powołania Instytutu Agrofizyki uczestniczy w ciągłym kształtowaniu profilu badawczego naszej działalności naukowej – skutecznie dopingując do ciągłego podnoszenia poziomu wykonywanych prac i podejmowania atrakcyjnej tematyki. Ponad 25 lat dobrej współpracy nauczyło nas wzajemnego, merytorycznego uzupełniania tematyki, jednocześnie nie zaciemniając oryginalności własnych badań.

Agrofizyka zajmuje się badaniem właściwości fizycznych materiałów rolniczych (gleby, rośliny, płody rolne) i procesów fizycznych w układzie gleba - roślina - atmosfera z uwzględnieniem czynników zewnętrznych (klimat, oddziaływania mechaniczne, zanieczyszczenie środowiska) oraz procesów związanych ze zbiorem, transportem i przechowywalnością materiałów rolniczych.

Wśród wielu zadań Instytutu jest opis teoretyczny badanych procesów fizycznych i z tego zakresu autorzy prezentowanego wykładu wykonują prace, których krótki zarys przedstawiamy poniżej.

Odształcanie gleby - problemy i nowe hipotezy badawcze: Jedne z pierwszych badań prowadzonych w Instytucie dotyczyły poznania mechanizmu reakcji gleby na działające siły. Fizyczny aspekt procesu odształcania gleby nie był poznany, a jednocześnie był niezbędny do przewidywania agrofizycznych skutków coraz intensywniejszej mechanizacji, [Bernacki, Haman, Kanałowski, 1972; Byszewski, Haman, 1977].

Największą trudność w poznaniu zależności naprężenie - odształcenie w szerokim przedziale wartości z uwzględnieniem zmian w czasie wiąże się ze specyfiką badanego ośrodka, a także różnorodnością oddziaływań i odształceń (objętościowe, postaciowe).

Geneza naszych prac nad procesami odształcania gleby wynika z zapoczątkowanych przez Profesora Hamana badań, z których przytaczamy tylko najważniejsze:

- rozpoczęcie badań dynamicznych uwzględniających prędkości odształceń, które mają wpływ na pracę niezbędną do wywołania filtracji wody (związek odwrotnie proporcjonalny),
- wprowadzenie zupełnie nowego podejścia (w odróżnieniu od powszechnej wówczas teorii konsolidacji), w którym uwzględnia ciągły ruch wody i

powietrza w nienasyconej glebie w ścisłym związku z geometrią porów lub rzeczywistą strukturą tej gleby,

- Profesor Haman jako pierwszy zauważa, że ze względu na dużą porowatość powietrzną badanych gleb (luźna struktura) natychmiastowa nieodwracalna deformacja nie może być wyjaśniona przez żadną klasyczną teorię lepko-sprężysto- plastyczną.

Przedstawione powyżej hipotezy zostały potwierdzone wynikami obszernych badań [Haman, 1955; Haman, 1959; Haman, Zdanowicz, 1969].

Z analizy przedstawionych modeli wynika, że wszystkie natychmiastowe odkształcenia muszą być odwracalne co w rzeczywistości nie ma miejsca. Wynika też, że nie jest znany mechanizm dysypacji energii dla natychmiastowego odkształcenia.

Takie wnioski wręcz natychmiast powodują potrzebę ponownego rozpatrzenia stosowalności modeli reologicznych. A jeśli nie modele reologiczne - to co, jaka inna teoria? Jak uwzględnić elementy struktury badanego ośrodka?

Agrofizyka i nowa mechanika ośrodków trójfazowych: Agrofizyka jako jedna z nauk przyrodniczych stanęła przed problemem poszukiwania do opisu procesu odkształcania gleby modelu, który z jednej strony umożliwiłby prawidłowe przewidywanie ważnych dla rolnictwa skutków, z drugiej zaś strony upraszczał w wystarczającym stopniu opis fizyczny badanych związków.

Spośród stosowanych w fizyce metod opartych na makroskopowym lub mikroskopowym rozpatrywaniu zjawiska można wydzielić kilka:

- metody deterministyczne oparte na założeniach mechaniki ośrodków ciągłych, nie uwzględniają struktury wewnętrznej ośrodka,
- metody statystyczne oparte na rzeczywistych oddziaływaniach elementów strukturalnych badanego ośrodka, nie wymagają zakładania ciągłości i jednorodności ośrodka, ale elementy strukturalne są jednakowe,
- metody probabilistyczne oparte na przewidywaniu końcowego wyniku na drodze prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia i uwzględniają rozkład wielkości elementów strukturalnych (cząstek glebowych, agregatów, porów, komórek, ścian komórkowych).

Liniowe modele reologiczne

Ten sam materiał badawczy można traktować jako sprężysto-plastyczny lub lepko-sprężysty w zależności od czasu trwania rozpatrywanego procesu w porównaniu z czasem ustalania się odkształceń, [Haman, Pukos, 1980; Pukos at al., 1984].

Zajmowaliśmy się liniowymi lepko-sprężystymi czteroparametrowymi mode-

lami reologicznymi, dla przypadków stałej prędkości narastania naprężenia i stałej prędkości odkształcania.

Weryfikacja doświadczenia wykazała nieprzydatność takich liniowych modeli do opisu charakterystyk mechanicznych materiału glebowego i to bez względu na rodzaj gleby i zastosowane parametry doświadczenia - naprężenia osiowe i hydrostatyczne oraz prędkości odkształceń, [Konstantkiewicz, 1978].

Termodynamika statystyczna: Całkowita niestosowalność metod deterministycznych do opisu rzeczywistego procesu odkształcania gleby spowodowała nasze zainteresowanie, w pierwszej kolejności, wykorzystaniem termodynamiki statystycznej, która umożliwia uwzględnienie oddziaływań poszczególnych elementów badanego ośrodka, a poprzez ciągłość struktury połączeń tych elementów przyjmuje ciągłość naprężeń i odkształceń.

Poprzez wprowadzenie funkcji rozkładu, tzn. gęstości prawdopodobieństwa przebywania układu w stanie o danych wartościach parametrów, korzystając z praw rozkładu Gibbsa, wymuszając prędkości przepływu warstw gleby przy zadanej barierze potencjału można otrzymać wyrażenia na lepkość i sprężystość w funkcji naprężenia [Pukos, 1980], które następnie mogą być wprowadzane do różnych modeli reologicznych. Otrzymaliśmy takie funkcyjne zależności na lepkość i sprężystość dla eksperymentalnych wartości naprężenia i odkształcania [Konstantkiewicz, 1978, 1986].

W rzeczywistości, ze względu na dużą liczbę cząstek, agregatów i porów oraz ich różnorodność pod względem wielkości, kształtu i ułożenia, ruchy elementów strukturalnych odkształcanego ośrodka glebowego nie są uporządkowane.

Między innymi dlatego do analizy zmian struktury takich ośrodków w wyniku działania sił zewnętrznych uzasadnione wydają się metody probabilistyczne.

Rozpatrywaliśmy proces zagęszczania jako ruch elementów (cząstek i agregatów) do wnętrza porów [Pukos, 1980].

To wielkość poru decyduje o tym ile i jakich cząstek jest w stanie przemieścić się do jego wnętrza. Naprężenie powodujące ruch cząstki rozkłada się na pokonanie spójności, tarcia wewnętrznego oraz oporu lepkiego ruchu cząstek gleby. Kształt równania ruchu cząstki w glebie zagęszczanej jest analogiczny do funkcji opisującej przemieszczanie się warstw gleby pod wpływem siły przy wyznaczaniu lepkości.

W efekcie otrzymaliśmy równanie na zmiany objętości w czasie, a występujące w nim wszystkie rozkłady dadzą się oszacować empirycznie. Otrzymany rezultat potwierdziły eksperymenty [Pukos, 1990].

Obecnie prowadzimy prace wykorzystujące metodę zmiennych losowych do odkształceń tkanki roślinnej. Wstępne badania doświadczalne potwierdzają, że odkształcenie, a szczególnie pęknięcia zależą od rozkładu wielkości komórek, ich wytrzymałości i geometrii tkanki opisanej metodą probabilistyczną.

Istnieje więc szansa sformułowania wspólnej mechaniki probabilistycznej dla gleb i materiałów roślinnych dopasowanej do losowości zjawisk odkształceń tych ośrodków

Bibliografia

- Bernacki, H., J. Haman., C. Kanafojski. 1972. Agricultural machines theory and constructions. U.S.National Science Foundation.
- Byszewski, W., J. Haman. 1977. Gleba-maszyna-roślina. PWN, Warszawa.
- Haman, J. 1959. Studium nad dwoma przypadkami powstawania drgań samowzbudnych korpusu pługa. Annales UMCS, sec. E, 14, 353-381.
- Haman, J. 1955. Wpływ szybkości orki i wilgotności gleby na pracę jej odkształcenia objętościowego. Annales UMCS, sec.E, vol. X, 8.
- Haman, J., A. Pukos. 1980. The relationships between mechanical soil properties and yield of plant. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 220, 45-51.
- Haman, J., A. Zdanowicz. 1969. O potrzebie rozszerzenia studiów nad reologią materiałów w rolnictwie. Roczn. Nauk Roln., 68-C-2, 195-217.
- Konstankiewicz, K. 1986. The experimental verification of the mechanical model of soil medium. Proc. IIIrd European Conf. of ISTVS, Warszawa, 34-42.
- Konstankiewicz, K. 1978. Wpływ prędkości odkształceń na charakterystyki mechaniczne gleb. Probl. Agrofizyki 51.
- Konstankiewicz, K., A. Pukos. 1993. Haman's inspiration concerning new mechanics of three-phase media. Int. Agrophysics 7,3 - 14.
- Pukos, A. 1990. Odkształcenie gleby w zależności od rozkładów wielkości porów i cząstek fazy stałej. Problemy Agrofizyki 61.
- Pukos, A. 1980. Thermodynamical interpretation of soil medium deformation. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 220, 367-389.
- Pukos, A. i inni. 1984. On the identification of elasto-plastic and elasto-viscous phenomena in the mechanics of soil and plant materials. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 245, 87-96,

K. Konstankiewicz, A. Pukos

PROFESSOR HAMAN'S INSPIRATIONS TOWARDS DEVELOPMENT
OF AGROPHYSICAL RESEARCH

Summary

The most important for the development of agrophysical research seems to be the following thesis of Professor Haman: "All of the objects and materials we deal with in agricultural sciences are nonuniform and three-phases (gas + liquid + solid phase) and all three phases evidently take part in the process of deformation and the equations that describe it". Prof. Haman very often stressed the role of the filtration processes rate of liquids and gases responsible for volumetric and structure deformations of the solid phase, which had decided of shearing deformations. Most of the research, carried out since founding the Institute of Agrophysics of the Polish Academy of Sciences, had been inspired by Prof. Haman. He had directed the research towards using the physical knowledge to explain the phenomena of creeping and deformation of biological materials. It allowed us to step away from the classic mechanics of continuous objects. It also made it possible to create discrete theoretical and experimental methods, which are adequate for these extremely complex deformative bodies.