

Чигарев Ю.В., Синкевич П.В., Кузмицкий А.В.,
Гриб В.К., Разумовский М.А.
Белорусский государственный аграрный технический университет,
Белорусская сельскохозяйственная академия, ЗАО „Агротехнаука”
Минск, Горки - Беларусь

О КРИТЕРИИ ВЫБОРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСА С ПОЧВОЙ

Резюме

Для достоверного представления картины деформирования необходимо создать модель почвы, которая бы учитывала ее структурные особенности, т.е. многокомпонентный и пористый состав, а также случайный характер распределения свойств.

Представлена модель взаимодействия колеса с почвой, когда свойства колеса описываются упругими параметрами, а почва - упругопластичными. Изменение пластичных свойств почвы подчинено нормальному закону. Приведенные распределения могут быть использованы и для других законов распределения.

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени проблема создания машин и орудий с допустимым механическим воздействием на почву не стояла так остро и сельскохозяйственная техника модернизовалась без учета и развития закономерностей механики почв. Однако, определить параметры сельскохозяйственных агрегатов (с учетом их допустимого давления на почву) можно на стадии проектирования и расчета лишь имея информацию об изменении свойств контактирующих тел в процессе взаимодействия.

Информация о нагрузках, свойствах почвы и движителя может быть представлена в различной форме и в зависимости от цели исследования иметь различную степень детализации.

Долгое время в задачах взаимодействия деформатора с почвой рассматривали простые физико-механические свойства контактирующих тел. Лишь с активным использованием ЭВМ и анализа агротехнической информации, а также реологических моделей появилась возможность аналитического и численного моделирования процессов взаимодействия, в которых спектр свойств контактирующих тел гораздо шире. В работах [1, 2], используя гипотезу о сплошности среды, исследуют процессы взаимодействия деформатора с почвой с помощью реологических моделей. Несмотря на определенные успехи в этой области, многие вопросы данной проблемы еще не решены. Сложилась ситуация, когда теория разработана еще недостаточно полно, а задачи, выдвигаемые проблемой разплотнения почв усложняются вследствие запросов практики и экологии.

МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ

Для достоверного представления картины деформирования необходимо создать модель почвы, которая бы учитывала ее структурные особенности, т.е. многокомпонентный и пористый состав, а также случайный характер распределения свойств.

Почва представляет собой очень сложную среду, аналог которой трудно найти в природе. Почву, как и грунт, можно рассматривать как трехфазную среду, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фазы. Однако в почве наряду с тремя указанными фазами существует и четвертая - биофаза, которая в естественных условиях играет одну из основных ролей в производстве гумуса и разуплотнения почв.

Учесть влияние деформирования почвы от сельскохозяйственных деформаторов в зависимости от неоднородности твердых, жидких, газообразных и биологических компонентов в виде определенной системы уравнений и затем на основе этой системы уравнений решать задачи в настоящее время не представляется возможным в силу математических трудностей. С другой стороны почву можно рассматривать с помощью системы уравнений, которые бы учитывали содержание и свойства компонентов и рассматривали совместное движение четырех фаз.

В этом случае макрообъем будет включать все компоненты, составляющие среду, а осредненные величины - как давление, плотность, скорость частиц и т.д. будут характеризовать агротехническое состояние почвы в пределах рассматриваемого макрообъема. Выбор элементарного макрообъема осуществляется с условием, что масштаб области однородности гораздо больше масштаба осреднения.

Определяющую роль в выборе уравнений, описывающих многокомпонентную среду, играют результаты макроскопических опытов. Почвы в случае полного водонасыщения можно рассматривать как жидкую среду, а неводонасыщенную как твердую. Выбор подобных моделей соответствует характеру деформирования этих почв. Так в неводонасыщенной почве при давлениях, создаваемых современными тракторами и машинами, нагрузки воспринимаются в основном скелетом почвы.

Деформирование почвы происходит за счет сжатия скелета и переукладки твердых частиц. Жидкая фаза при этом почти нагрузки не имеет. При этом воздух может находиться в защемленном состоянии в виде отдельных пузырьков, изолированных друг от друга водой и твердыми частицами.

В случае водонасыщенной почвы, даже при атмосферном давлении, воздух может находиться в виде пузырьков. Процессы образования и схлопывания воздушных пузырьков играют существенную роль в формировании несущей способности почвы и ее агротехнического повреждения.

Известно, что наибольшая деформация и эрозия почв проявляется при разрушении ее структуры. Большинство сельскохозяйственных деформаторов при воздействии на почву в той или иной степени изменяют ее структуру и тем самым увеличивают эрозийные процессы.

Особенно опасно механическое измельчение почвенных частиц (агрегатов), которое может быть вызвано скольжением или качением сельскохозяйственных деформаторов по почве. Поэтому представляет интерес задача о скольжении и качении некоторого тела по поверхности почвы.

В зависимости от агрофизического состояния почвы ее можно описывать различными математико-механическими моделями: упругими, вязкоупругими, упруго-пластическими, упруговязкопластическими. При взаимодействии сельскохозяйственного деформатора со свежеспаханной почвой модель почвы можно выбирать с упругопластическими параметрами. Задернение почвы больше соответствует упруговязкими моделям. Сильно прикатанные колесными движителями почвы можно рассматривать как упругие тела.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим движение колеса по почве, которое описывается упругопластическими свойствами. Можно предположить, что упругие свойства основания одинаковы, а пластические - разные. Пусть плотность вероятности свойств пластичности в пахотном слое имеет нормальный закон распределения. Тогда связь между напряжением и деформацией в почве будет [3]

$$\sigma = E\varepsilon - \frac{E}{S\sqrt{2\pi}} \int_0^b \varepsilon^p e^{-(x-a)^2} dk \quad (1)$$

здесь σ - напряжение, E - модуль упругости почвы, ε - полная деформация, S - среднее квадратное отклонение, a - математическое ожидание, ε^p - пластическая деформация, k - предел пластичности.

Если колесо описывается упругой моделью, то уравнение взаимодействия:

$$E_1 \cdot \varepsilon_1 = E \left(\varepsilon - \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_0^b \varepsilon^p \cdot e^{-(x-a)^2/2S} \cdot dk \right) \quad (2)$$

где E_1 - модуль упругости шины, ε_1 - полная деформация шины.

При динамическом нарушении деформацию почвы можно описать гармоническим уравнением:

$$\varepsilon = A \cos \omega t \quad (3)$$

Тогда уравнение взаимодействия будет:

$$E_1 \cdot \varepsilon_1 = E \left(A \cos \omega t - \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_0^b \varepsilon^p \cdot e^{-(x-a)^2/2S} \cdot dk \right) \quad (4)$$

Формулы (2) и (4) позволяют определить различные физические характеристики деформирования колеса и почвы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что почва в зависимости от ее агрофизических свойств может описываться различными законами распределения.

Вышеприведенные распределения могут быть использованы и для других законов распределения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чигарев Ю.В.: О контактном взаимодействии с предварительно напряженной упруговязкопластической средой. Вестн А и Б, сер. физ.-тех. н. Н 3, 1993 Минск.
2. Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И.: Теория упрочняющегося пластического тела. Наука, (М. 1971).
3. Скотников В.А., Чигарев Ю.В.: Математические исследования одной модели процессов взаимодействия колеса и грунта. В сб. Улучшение эксплуатационных качеств и конструкции тракторов и с.х машин. Горки, вып. 84, 1982 г.

KRYTERIA WYBORU MODELU MATEMATYCZNEGO WZAJEMNEGO ODDZIAŁYWANIA KOŁO MASZYNY GLEBA

Ju. Czigarew, P. Sinkiewicz, A. Kuzmickij, W. Grib, M. Razumowski,

Streszczenie

Dłuższy czas przy rozwiązywaniu zadań dotyczących wzajemnego oddziaływania deformatora na glebę rozpatrywano tylko fizyko-mechaniczne właściwości oddziałujących na siebie

ciał. Możliwości korzystania ETO i analiza czynników agrotechnicznych a także modeli reologicznych, umożliwiło przeprowadzanie symulacji przy których spektrum właściwości ciał na siebie oddziaływujących jest znacznie szersze.

W celu wiarygodnego przedstawienia przebiegu deformacji należy przyjąć taki model gleby, który uwzględniałby jej strukturalne właściwości tj. zmienny skład, jej porowatość a także przypadkowość rozkładu tych właściwości. Gleba przedstawia sobą bardzo złożone środowisko nie mające drugiego odpowiednika w przyrodzie. Glebę można analizować jako środowisko trójfazowe składające się z fazy stałej, ciekłej i gazowej. Jednakże w glebie oprócz wymienionych trzech faz istnieje faza czwarta - biofaza, która w naturalnych warunkach odgrywa bardzo ważną rolę przy wytwarzaniu próchnicy i decyduje o pulchności gleby.

W zależności od właściwości agrofizycznych gleby można ją opisywać za pomocą różnych modeli matematyczno-mechanicznych tj. modelu sprężystego, lepko-sprężystego i sprężysto-plastycznego. Przy oddziaływaniu deformatora na glebę świeżo zaoraną należy taką glebę przyjąć jako ciało o parametrach sprężysto-plastycznych. Glebie zadarnionej bardziej odpowiada model lepko-sprężysty.

W pracy rozpatrywano ruch koła po glebie której przypisano właściwości sprężysto-plastyczne. Można założyć, że właściwości sprężyste są w zasadzie stałe a plastyczne zmienne.

Przyjęto, że w warstwie ornej gleby, właściwości te mają rozkład normalny. Przedstawione równania umożliwiają określenie różnych fizycznych deformacji koło-gleba. Równania te można wykorzystać również przy innym rozkładzie właściwości gleby niż normalny.

SELECTION CRITERIA OF MATHEMATICAL MODEL INTERACTION CIRCLE AND SOIL

Ju. Czigarev, P. Sinkiewicz, A. Kuzmickij, W. Grib, M. Razumovskij,

Summary

Interaction deformer and soil have been tested so far only by mechanical - physical characteristics interaction bodies. Possibilities using ETO, agrotechnical factors analysis and rheological models analysis could possibly make simulation where spectrum of interaction body characteristics is much more wider.

In order to show run deformation it has to take soil model includes its structural characteristics - changeable composition, porosity and randomness decomposition these characteristics. Soil is a very compound environment. There isn't the same in nature. Soil can be analyzed as an environment composed of three phases: solid phase, liquid phase and gas phase. There is one phase more in soil - biophase. Biophase is very important in natural conditions by humus generation. Biophase also decides about flufficity of soil.

Soil can be presented by different mathematical - mechanical models: elastic model, plastic model and sticky - elastic model. It depends on agrophysical characteristics of soil. Soil can be presented as a body with plastic - elastic parameters when deformer is reacting on fresh arable soil. Sticky - elastic model is better for turfny soil.

Research work examined circle motion on soil which has plastic - elastic characteristics. It can say elastic characteristics are constant, plastic characteristics are changeable.

It has established that these characteristics have normal decomposition in arable layer. Equations which have been presented can determine different physical deformations circle and soil. Equations can be also used by other decomposition of soil characteristics than normal.