

ДО ВИБОРУ МОДЕЛІ ДЕФОРМАЦІЇ ҐРУНТУ РОТАЦІЙНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

Браженко С.А., асп.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

В статті обґрунтований вибір математичної моделі, спосіб лабораторних досліджень реологічних властивостей ґрунту, для визначення оптимальних параметрів ротаційного робочого органу із забезпеченням необхідної якості обробки

Серед вітчизняних досліджень визначне місце займає розробка математичних моделей, які характеризують процеси взаємодії робочих органів з ґрунтом та визначають їх геометричні параметри.

Вважається, що руйнування ґрунту відбувається, коли напруга зумовлена зовнішнім навантаженням, буде вище сили внутрішніх зв'язків і тертя між його частинками. Потім відбувається порушення суцільності по можливим площинам ковзання і втрата міцності пласта ґрунту.

Результати досліджень фізико-механічних властивостей ґрунту В.П. Горячкіна, Г.М. Гологурського, Г.Н. Синєокова, А.С. Кушнарєва, А.Н. Зелєніна, Н.А. Качинського, Н.М. Герсеванова, М.Н. Гольдштейна, С.С. Вялова, В.І. Вєтохіна, І.М. Панова встановили, що рішення задач механіки ґрунту неможливе без врахування його реологічних властивостей [1].

Метою досліджень є визначення умов, при яких відбувається відділення шару ґрунту від його масиву і утворення ґрунтової стружки, з параметрами необхідними для створення оптимальних умов розвитку культурних рослин.

Ґрунт представляє собою деформівне дискретне середовище, яке характеризується реологічними властивостями. В реології методика дослідження тіл під дією навантаження передбачає надання їм ідеальних фундаментальних властивостей: пружності (тіло Гука), в'язкості (тіло Ньютона) і пластичності (тіло Сен-Венана). Пружне тіло Гука відображає опір ґрунту і позначається символом H . В'язке тіло Ньютона позначається символом N і характеризує в'язкі властивості тіла. Жорстко-пластичне тіло Сен-Венанан відображає внутрішнє сухе або Кулонове тертя і позначається символом SV . В реологічних моделях властивість пружності позначається у вигляді пружини, в'язкості – моделлю поршня зануреного у ємність з рідиною, пластичність – моделлю повзуна.

Поєднання фундаментальних властивостей в моделях складного реологічного тіла, ґрунтується на поведінці реальних матеріалів під навантаженням. Тоді, у випадку послідовного з'єднання фундаментальних властивостей деформації елементів додаються, а напруги в тілах вважаються рівними, а при паралельному – навпаки, деформації ідеальних тіл рівні, а

напруги різні.

Відповідно до досліджень А.С. Кушнар'ова метою обробки ґрунту є зміна його об'ємної маси [2]. При цьому, оптимальні умови розвитку рослин досягаються при вмісті твердої фази в орному шарі ґрунту близько половини від загального об'єму, решта – пори, заповнені газом та рідиною. Вчений рекомендує використання моделі Максвелла для відображення зміни об'єму ґрунту при його механічній обробці (рис. 1а).

В моделі Максвелла пружний елемент Гука (H) і в'язкий елемент Ньютона (N) з'єднані послідовно, а реологічна формула має вигляд:

$$M=H-N \quad (1)$$

Тобто, в початковий момент навантаження в тілі діє деформація пружного характеру, а після досягнення певного значення відбувається в'язка деформація з постійною швидкістю.

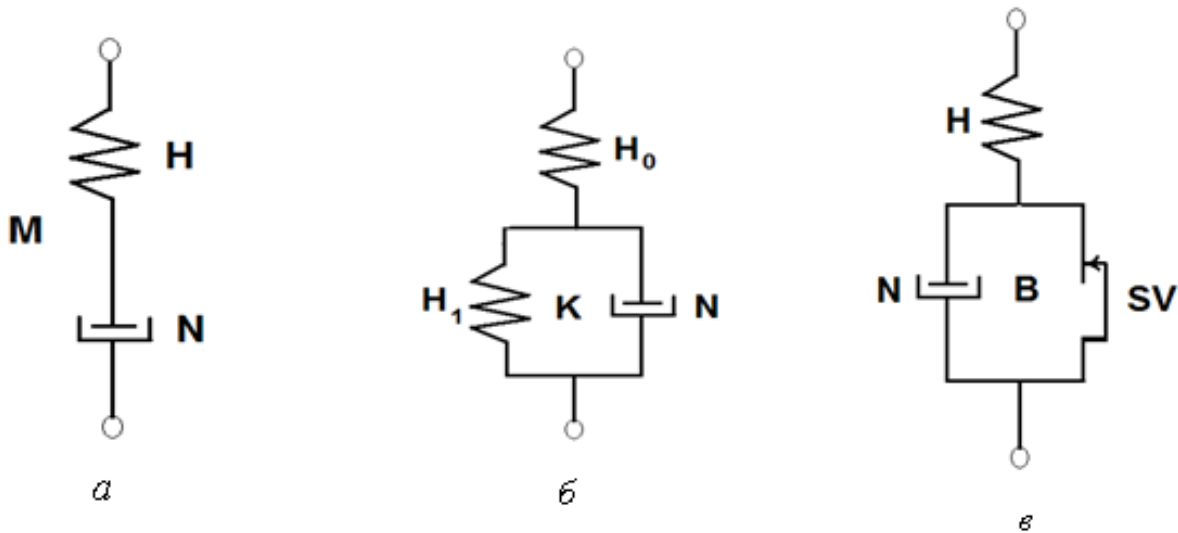


Рис. 1 – Реологічні моделі: а) Максвелла; б) Кельвіна; в) Бінгама

Проте, в тілі Максвелла деформація відбувається при мінімальному зусиллі, тому модель адекватна для опису пружно-в'язкої рідини і не може відобразити процеси, які відбуваються в ґрунті (дискретному багатофазному середовищі).

З розвитком досліджень до ґрунтів почали застосовувати теорію пружно-в'язко-пластичного деформування, з якої витікає, що деформації і напруження моделі повинні додаватися. При цьому, повна деформація ґрунту включає миттєву і тривалу пружну деформацію, яка відбувається одночасно із незворотнім в'язким процесом. Таку деформацію називають пружно-в'язкою. Її достатньо повно відображає модель тіла Кельвіна (рис. 1 б).

Встановлено, що миттєва деформація (γ_0) відновлюється не повністю і складається із пружної (γ_0^e) і пластичної (γ_0^p). Така деформація описується тілом Бінгама (рис. 1 в). Вона включає комбінацію із усіх трьох ідеальних елементів: паралельно з'єднаних елементів Ньютона і Сен-Венана та послідовно приєднаного елемента Гука. Однак, ця модель не може адекватно

описати зв'язок напружень з деформацією в ґрунті, де виникає дві фази деформування.

Так, у роботах В.П. Ковбаси [3] розглянута модель деформування ґрунту сферичним диском та розпушувачем ґрунту. Пропонується послідовно з'єднати тіло Кельвіна та тіло Бінгама, між якими ввести стопор, що дозволяє деформування в пружно-в'язкій фазі лише для тіла Кельвіна і при досягненні величини граничного напруження тілу Бінгама (рис. 2 а).

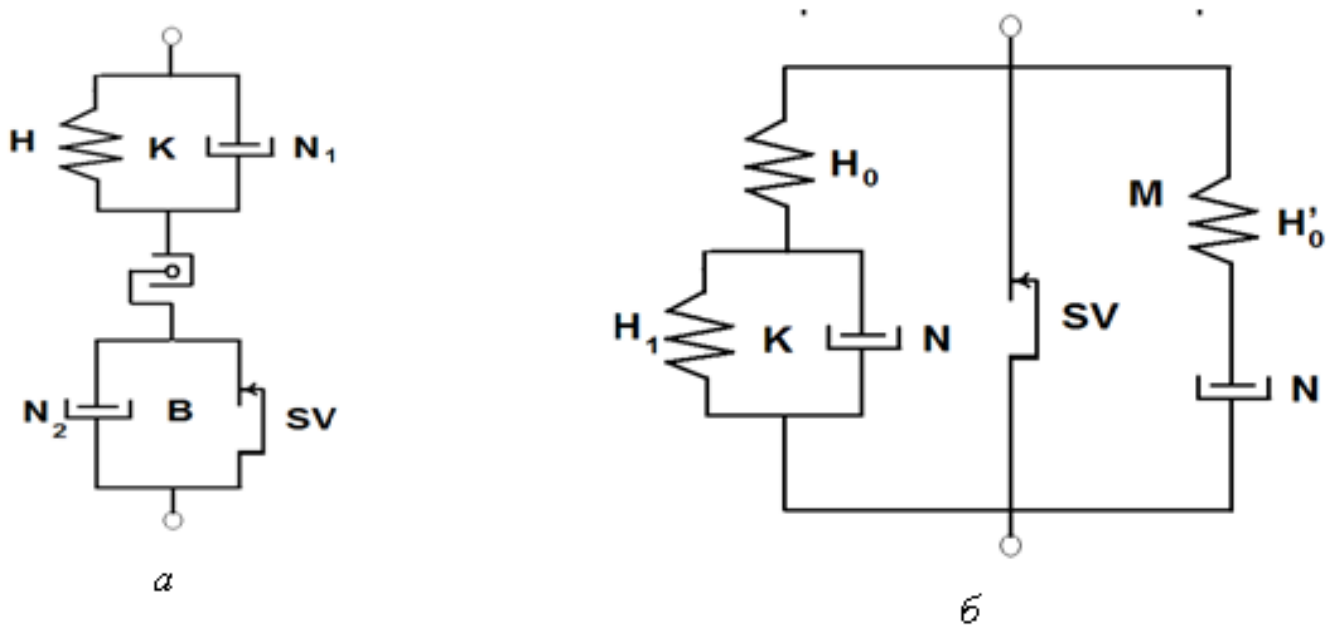


Рис. 2 – Реологічні моделі: а) Модель запропонована В.П. Ковбасою; б) Уточнена В.П. Дьяковим модель Н.Я. Денисова

Така модель відображає механізм обробітку ґрунту ріжучими робочими органами пасивної дії, де виконується деформація в два етапи – відокремлення пласта ґрунту від масиву з наступним його кришенням, із врахуванням внутрішнього тертя і властивостей газорідної фази ґрунту.

При роботі елемента, що виконує рихлення безпосередньо в середовищі ґрунту, шляхом стиску до виникнення граничних напружень, які перевищують силу зчеплення між частинками ґрунту з подальшим зсувом, необхідно враховувати, що пластичне деформування відбувається на стадії миттєвої деформації, що відображається при включенні елемента Сен-Венана паралельно тілам Кельвіна і Максвелла. Цій умові відповідає уточнена В.П. Дьяковим модель тіла Н.Я. Денисова [4]. Відповідно до неї модель тіло Кельвіна відображає пружну післядію деформації при постійному напруженні, модель Максвелла – релаксацію пружних напружень, елемент Сен-Венана – опір тертю, який діє в початковій стадії деформації та в граничному стані (рис. 2 б).

Таким чином, завданням подальших досліджень є визначення природи пружної, в'язкої та пластичної деформації при рихленні ґрунту ротаційним робочим органом.

На даному етапі обираємо описану модель, як таку, що пояснює процес рихлення ґрунту ротаційним робочим органом.

Для обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів ротаційного робочого органу, необхідно визначити реологічні характеристики ґрунту в процесі деформування.

Вимірювання пружних показників структурованих систем вперше були проведені із використанням крутильного приладу з коаксіальними циліндрами. Для визначення в'язкості і межі напруження зсуву високов'язких систем використовуються методи повздовжнього зсуву коаксіальних циліндрів і методи зміщення пластинки в заданій площині. П.А Ребіндер і О.О. Сегалова використовували метод тангенціального зміщення пластинки, який з високою точністю визначає абсолютні характеристики структурованих систем [5].

Для дослідження пружних властивостей ґрунту під час рихлення необхідно враховувати активний характер дії на середовище.

На початковому етапі розвитку землеробської механіки В.П. Горячкін визначав критеріїв міцності при розтягу, стиску, крученні для обґрунтування раціональних параметрів ґрунтообробних робочих органів. Відомі результати лабораторних досліджень по визначенню опору ґрунту різанню Я.М. Жуком, Ф.В. Рубіним [1].

Це підтверджує необхідність експериментального визначення показників реологічних властивостей необхідних для обґрунтування параметрів ротаційного робочого органу.

Прогресивним способом дослідження пружних властивостей ґрунту є метод активної дії на середовище, з використанням покращеного приладу.

Для дослідження деформації чистого зсуву в часі під дією постійної напруги τ , необхідно прикласти навантаження і миттєве розвантаження пластини.

В залежності від умов випробування деформація відбувається по двом схемам.

1. При постійному напруженні, при $\tau \geq \tau_0$ відбувається пружна затухаюча, пружно-в'язка, миттєва в'язка та пружна і пружно-в'язкий спад деформації. Після затухання пластичної має місце залишкова деформація.

2. При $\tau \leq \tau_0$ відбувається стабілізація деформації внаслідок в'язкої деформації. Залишкова деформація дорівнює нулю.

При цьому τ_0 – межа напруження, яка забезпечує перехід від однієї схеми деформування до іншої. Відповідно до описаного методу, основними характеристиками є граничне напруження зсуву і структурна в'язкість ґрунту.

Максимальне значення межі напруження зсуву (τ_0) спостерігається при виконанні початкових дослідів, а при повторних його значення знижується.

Для структурованих ґрунтів за умови $\tau \leq \tau_0$ проявляються властивості умовно-пластичної в'язкості. При цьому, чим менша вологість ґрунту, тим зміна τ_0 значніша.

Визначення межі напруження зсуву, дозволить обґрунтувати значення зусилля, необхідного для виконання рихлення ґрунту ротаційним робочим органом.

Таким чином, обґрунтований вибір математичної моделі, спосіб лабораторних досліджень реологічних властивостей ґрунту, значення яких буде основою для визначення оптимальних параметрів ротаційного робочого органу із забезпеченням необхідної якості обробки ґрунту.

Список використаних джерел

1. Панов И.М., Ветохин В.И.. Физические основы механики почв. – К.: Феникс, 2008, – 266 с.
2. А.С. Кушнарёв, В.И. Кочев. Механико-технологические основы обработки почвы. К.: Урожай, 1989, – 138 с.
3. Ковбаса В.П. Механіко-технологічне обґрунтування оптимізації взаємодії робочих органів з ґрунтом: автореф. дис. на здобуття. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / К.: Видавничий центр НАУ, 2006. – 35 с.
4. В.П. Дьяков. Механика почвы и реология грунтов. Точки соприкосновения и различия // Достижения науки и техники АПК, №7, 2007, – С. 48–51.
5. Ребиндер П.А. Сегалова Е.Е. Исследование структурно-механических свойств тиксотропии в коллоидных системах // Коллоидный журнал 1948, М., С. 147–153.

Аннотация

К ВЫБОРУ МОДЕЛИ ДЕФОРМАЦИИ ПОЧВЫ РОТАЦИОННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Браженко С.А.

В статье обоснован выбор математической модели, способ лабораторных исследований реологических свойств почвы, значение которых станет основой определения оптимальных параметров ротационного рабочего органа с обеспечением необходимого качества обработки почвы

Abstract

TO A CHOICE OF MODEL OF DEFORMATION OF SOIL ROTATIONAL WORKING BODY

S. Brazhenko

In article the choice of mathematical model, a way of laboratory researches properties of the soil which value becomes a basis of definition of optimum parameters of rotational working body with support of necessary quality of processing of soil is proved