



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Новосибирский государственный аграрный университет (Россия, г. Новосибирск)  
Томский сельскохозяйственный институт – филиал  
Новосибирского ГАУ (Россия, г. Томск)  
Башкирский государственный аграрный университет (Россия, г. Уфа)  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
(Республика Беларусь, г. Минск)

# *МОДЕРНИЗАЦИЯ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ*

**Сборник научных трудов по материалам  
VII Международной научно-практической конференции  
(14 декабря 2021 г., г. Томск)**

**Томск  
2021**

**УДК 378:63:338.4:69:346:574**  
**ББК 74.48**

Модернизация аграрного образования: Сб. науч. тр. по материалам VII Международ. научн.-практ. конф. (14 декабря 2021 г.) – Томск-Новосибирск: ИЦ Золотой колос, 2021. – 1344 с.

Сборник содержит научно-методические материалы VII Международной научно-практической конференции «Модернизация аграрного образования», проходившей 14 декабря 2021 г. Материалы отражают динамику и современные тенденции образовательной деятельности при подготовке специалистов для АПК, социокультурные ресурсы развития личности в аграрном образовании, стратегии развития экономики и инновационные методы менеджмента в агропромышленном комплексе, правовые проблемы АПК, агрономии, современные технологии производства, переработки и хранения сельхозпродукции, прикладные исследования в агроинженерной отрасли (опыт, проблемы, перспективы), актуальные проблемы зооветеринарной науки и практики, проблемы экологии и рационального природопользования.

Сборник представляет интерес для преподавателей вузов, студентов, аспирантов, соискателей ученых степеней, а также для всех исследователей, занимающихся данной проблематикой.

Тексты докладов публикуются в авторской редакции.

***Ответственный редактор:***

**Гааг А.В.**, к.э.н., доцент, директор Томского сельскохозяйственного института – филиала ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ.

***Члены редакционной коллегии:***

**Чудинова Ю.В.**, д.б.н., доцент, зам. директора по научной работе

**Керб О.М.**, к.э.н., доцент, зав. кафедрой экономики и права

**Николаева Н.Ю.**, к.б.н., доцент, зав. кафедрой агрономии и ТППСХП

**Афоница И.А.**, к.б.н., и.о. зав. кафедрой охотоведения и зоотехнии

**Алушкин Т.Е.**, к.т.н., и.о. зав. кафедрой агроинженерии

**Иванова Н.В.**, к.б.н., и.о. зав. кафедрой ветеринарии

**Колмакова Е.Б.**, руководитель библиотечно-информационного центра

**Черемных О.Е.**, инженер-программист библиотечно-информационного центра

**Чукова Г.М.**, технический секретарь

© Томский сельскохозяйственный институт –  
филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 2021

© ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 2021

Входит в РИНЦ®: да

УДК 631.434.1

## ПРОЦЕСС ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЗАМКНУТЫХ ПОР В ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ

Ю.В. Чигарев<sup>1</sup>, И.С. Крук<sup>2</sup>, Н.Л. Ракова<sup>3</sup>, А.С. Воробей<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Республика Беларусь, г. Минск,

*Yuri.Chigarev.44@mail.ru*<sup>1</sup>, *Kru-Igar@mail.ru*<sup>2</sup>, *nina\_vita@mail.ru*<sup>3</sup>,

<sup>4</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

Республика Беларусь, г. Минск,

*Alexandr-vorobei@rambler.ru*

В разработке технологий и машин сельского хозяйства, участвующих в обработке почвы, важным элементом исследования являются почвы. Известно, что почвы включают в себя четыре фазы: твердую, жидкую, газообразную и биологическую. Все четыре фазы составляют в той или иной степени пористое строение почвы, которое характеризуется коэффициентом пористости. Поры бывают открытые, полуоткрытые и закрытые.

При действии сельскохозяйственного деформатора на почву происходит уплотнение или разуплотнение почвы, которое может отрицательно или положительно влиять на урожайность культур. Возникает интерес о роли пор в оценке несущей способности почв [1].

Известно, что замкнутые поры, заполненные воздухом увеличивают прочностные свойства почв.

В данной статье рассматривается задача об изменении поры в случае гидростатического давления.

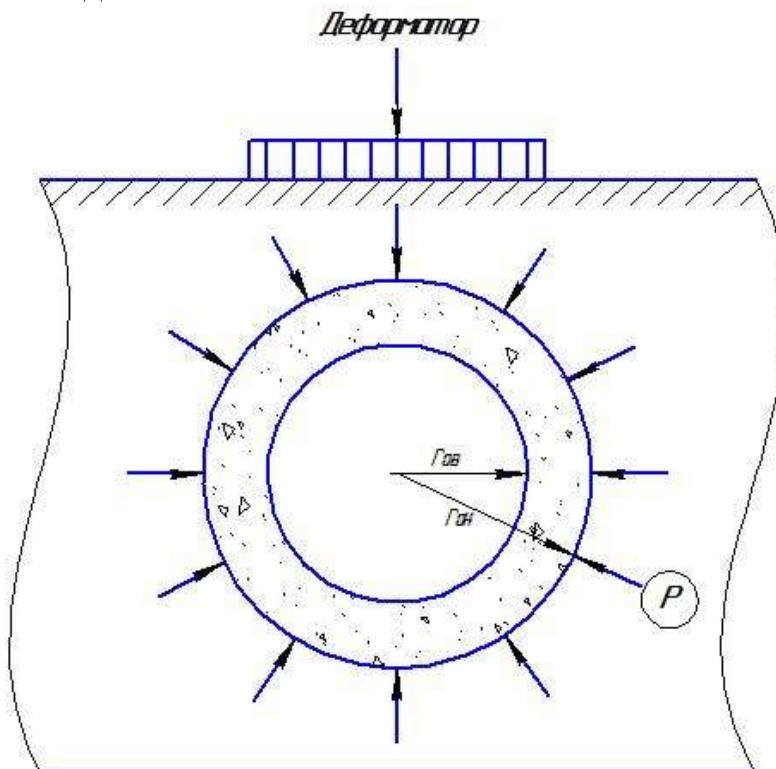


Рисунок 1 – Идеализированная модель замкнутой поры почвы в случае гидростатического давления

Стенками поры служат частицы почвы, которые в процессе нагружения деформируются, изменяя толщину.

Считаем, что объем части пор под действием давления со стороны деформатора изменяется.

В качестве поры со стенками рассмотрим пустотелую сферу, имеющую начальные внутренний  $r_{ов}$  и наружный  $r_{он}$  радиусы (рис. 1.) [2].

К внешней поверхности сферы прикладывается монотонно возрастающее давление  $p$ , которое может быть вызвано работой сельскохозяйственной техники. Материал стенок сферы изотропный упруго-идеально-пластический с модулем сдвига  $G$ . Считаем, что материал несжимаем как упруго, так и пластически и что условия достижения предельного состояния определяются критерием Мизеса.

Задача сферически симметричная. Деформацию стенок сферы можно определить в виде [2]

$$r^3 = r_o^3 - B \quad (1)$$

где  $r_o$  – начальное положение некоторой частицы и  
 $r$  – положение частицы после деформации.

Параметр  $B$  зависит от пористости  $\Pi$ , которая определяется следующим образом:

$$\Pi = \frac{r_n^3}{r_n^3 - r_e^3}, \quad (2)$$

где  $r_e$  и  $r_n$  – внутренний и наружный радиусы сферы после деформации.

Начальная пористость  $\Pi_o$  имеет вид

$$\Pi_o = \frac{r_{он}^3}{r_{он}^3 - r_{ов}^3}, \quad (3)$$

где  $r_{ов}$  и  $r_{он}$  – внутренний и наружный радиусы сферы до деформации.

Из (1) - (3) получим:

$$r_e^3 = r_{ов}^3 \cdot \frac{\Pi - 1}{\Pi_o - 1}; \quad r_n^3 = \frac{r_{ов}^3 \cdot \Pi}{\Pi_o - 1}; \quad B = r_{ов}^3 \cdot \frac{\Pi_o - \Pi}{\Pi_o - 1} \quad (4)$$

Тогда суммарные напряжения в цилиндрической системе координат выражаются соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{rr} &= \frac{4G \cdot B}{3r^3}; \\ \sigma_{\theta\theta} &= \sigma(r) - \frac{2G \cdot B}{3r^3} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $\sigma(r)$ - член, отражающий действие гидростатического напряжения.

Уравнение равновесия имеет вид

$$\frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{2}{r}(\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}) = 0, \quad (6)$$

а граничные условия:

$$\text{при } r = r_g \quad \sigma_{rr} = 0;$$

$$\text{при } r = r_n \quad \sigma_{rr} = -p. \quad (7)$$

Подставляя (5) в (6), интегрируя, удовлетворяя граничным условиям, и, наконец, используя выражение для  $B$  из (4), получим

$$p = \frac{4G \cdot (\Pi_o - \Pi)}{3\Pi \cdot (\Pi - 1)}. \quad (8)$$

Формула (8) показывает связь между пористостью и давлением.

Полученная зависимость применима до тех пор, пока в некоторой точке стенки поры не достигается предел текучести. Функция текучести записывается в виде

$$\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta} = 2k, \quad (9)$$

где  $k$  - предел текучести при чистом сдвиге.

Отметим, что действующее напряжение достигает предела текучести вначале на внутренней поверхности сферы при значении пористости  $\Pi_1$ :

$$\Pi_1 = \frac{G \cdot \Pi_o + k}{G + k}. \quad (10)$$

При дальнейшем нагружении за пределом текучести в материале будут существовать две области: пластическая и упругая. Граница раздела этих областей движется к наружной поверхности с ростом нагрузки.

Когда граница раздела между упругой и пластической областями достигнет наружной поверхности пористость будет

$$\Pi_2 = \frac{G \cdot \Pi_o}{G + k} \quad (11)$$

В этом случае среда будет полностью находиться в пластическом состоянии, которое будет соответствовать схлопыванию пор.

Почва может потерять свою начальную агротехнически безопасную несущую способность, т.е. пере уплотниться.

#### Список литературы

1. Математические основы механики почв: Учеб. пособие / Ю.В. Чигарев, В.Н. Синкевич. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 164 с.: ил.
2. Расчетные методы оценки абразивного износа / У.А. Икрамов. – М. – Машиностроение, 1982. – 287 с.