

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ГЛУБИНЫ СЛЕДА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ПРЕДЕЛЬНОМУ НАПРЯЖЕННОМУ СОСТОЯНИЮ ПОЧВЫ

*Орда А. Н., д. т. н., профессор, Шкляревич В. А.,  
Тарасевич И. А. (БГАТУ)*

### *Введение*

При многолетней обработке почвы образуется плотный слой почвы, называемый плужной подошвой. Этот слой расположен на глубине 20 - 30 см и отличается от верхнего слоя почвы значительно большей плотностью и твердостью. Образующееся в процессе уплотнения почвы движителем почвообрабатывающего агрегата ядро, достигнув плужной подошвы, встречает сопротивление и сжимается. При этом плотность почвы в ядре увеличивается, а участок плужной подошвы также доуплотняется. Когда напряжение в сжатом слое достигает предела прочности, происходит разрушение ядра уплотнения с образованием переуплотненных почвенных отдельностей - глыб. Образовавшиеся глыбы плохо поддаются рыхлению, в результате чего повышается удельный вес крупных макроагрегатов в следе, которые, к тому же, более плотные, чем аналогичные макроагрегаты вне следа. Все это ухудшает условия прорастания и роста сельскохозяйственных культур, увеличивает затраты на последующую обработку почвы.

### *Основная часть*

При воздействии движителя почвообрабатывающего агрегата на почву с увеличением нагрузки осадка почвы растет не только из-за ее уплотнения, но и в результате выдавливания частиц почвы из-под движителя в окружающую среду. Сжатие сопровождается образованием уплотненной зоны, имеющей форму конуса, основанием которого служит опорная поверхность движителя (рисунок 1). С окончанием образования уплотненной зоны возникает устойчивое движение частиц почвы около движителя, сжимающее усилие при дальнейшем погружении его в почву практически не увеличивается значительно. Таким образом, при уплотнении почвы движителем почвообрабатывающего агрегата можно выделить зону уплотнения и зону сдвигов. В результате образования таких зон почва в месте ее контакта с движителем находится в плоском напряженном состоянии (рисунок 2).

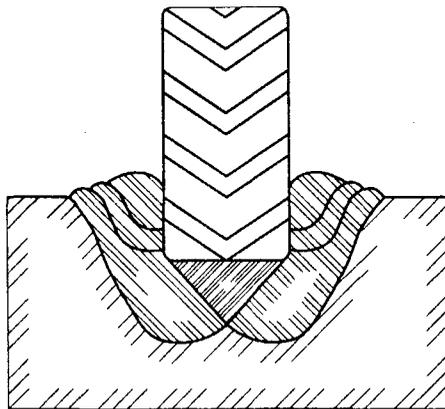


Рисунок 1 - Схема образования уплотненной зоны в почве под движителем

Рассмотрим деформацию почвы движителем почвообрабатывающего агрегата для случая рыхлого верхнего слоя почвы и плотного подстилающего основания (плужной подошвы). В результате воздействия движителя на почву под ним образуется ядро уплотнения, которое может распространяться и достигать плужной подошвы. В этом случае условие предельного напряженного состояния почвы, когда ядро уплотнения еще не разрушается, определяется соотношением между наибольшим касательным напряжением  $\tau$  и нормальной составляющей напряжения  $\sigma_n$  и имеет вид нелинейной зависимости Мора:

$$\tau = f(\sigma_n). \quad (1)$$

В соответствии с общей теорией напряжений на элементарный кубик почвы действуют главные напряжения  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ . При плоском напряженном состоянии почвы значение  $\tau$  определяется только напряжениями  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$ , и не зависит от напряжения  $\sigma_2$ , причем напряжение  $\sigma_1$  обусловлено вертикальной сжимающей нагрузкой, а напряжение  $\sigma_3$  - выдавливанием частиц почвы боковой поверхностью колеса.

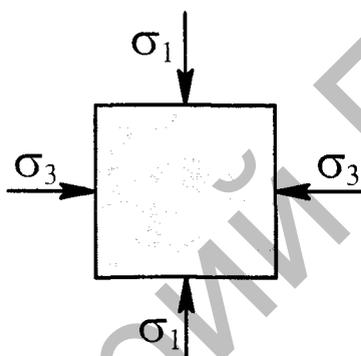


Рисунок 2 - Схема напряжений, действующих в месте контакта движителя с почвой, для плоского напряженного состояния

Для почвы условие предельного состояния можно аппроксимировать функцией [1]:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (2)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi$  - коэффициент трения;

$c$  - сцепление, определяемое прочностью внутренних связей между отдельными частицами и их агрегатами.

Выразим условие (2) через главные напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  [2]:

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\alpha; \quad (3)$$

$$\sigma_n = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 \sin^2 \alpha \quad (4)$$

Произведя преобразования, получим условие предельного напряженного состояния [3]:

$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2\sigma_c}. \quad (5)$$

где  $\sigma_c$  - внутреннее давление сжатия в почве (давление связности).

Допустим, что для некоторого диапазона давлений главное напряжение  $\sigma_3$  является линейной функцией напряжения  $\sigma_1$ . Тогда можно записать:

$$\sigma_3 = \beta_0 \sigma_1, \quad (6)$$

где  $\beta_0$  - опытный коэффициент бокового давления.

Подставив в уравнение (6) полученное значение  $\sigma_3$  и выразив  $\sigma_1$  получаем условие предельного напряженного почвы состояния в виде:

$$\sigma_1 = \frac{2\sigma_c \sin \varphi}{1 - \beta_\varphi - \sin \varphi - \beta_\varphi \sin \varphi} \quad (7)$$

Уравнение (7) позволяет определить критическое напряжение, при достижении которого в некоторой точке почвенного массива ядро уплотнения начнет разрушаться. Данное напряжение зависит от свойств почвы.

Нормальное напряжение в контакте колеса с почвой при наличии рыхлого верхнего слоя и твердого подстилающего основания определяем по формуле [4]:

$$\sigma = \frac{a}{b} \operatorname{tg}(abh), \quad (8)$$

Где  $h$  - глубина следа (осадка почвы), м;

$a, b$  - коэффициенты:

$$a = \sqrt{k_0}, \quad (9)$$

$$b = \frac{\pi}{2} \frac{1}{h_{\text{ор}\bar{e}} \sqrt{k_0}}; \quad (10)$$

$k_0$  - коэффициент объемного смятия почвы, кН/м;

$h_{\text{ор}\bar{e}}$  - предельная величина деформации, м:

$$h_{\text{ор}\bar{e}} = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\min}}{(1 + \varepsilon_0)[1 - 2\nu(1 + \varepsilon_{\min})]}; \quad (11)$$

$H$  - высота пахотного слоя, м;

$\varepsilon_0$  - коэффициент пористости почвы до нагружения;

$\varepsilon_{\min}$  - минимально возможный коэффициент пористости почвы;

$\nu$  - коэффициент бокового расширения почвы для случая деформирования с ограниченной возможностью расширения.

С учетом (8), приняв  $\sigma_1 = \sigma$  и решив выражение (7) относительно  $h$  получаем критическую глубину следа  $h_{\text{ед}}$ :

$$h_{\text{ед}} = \frac{\operatorname{arctg} \left[ \frac{2\sigma_c b \sin \varphi}{a(\beta_{\bar{a}} + \beta_{\bar{a}} \sin \varphi + \sin \varphi - 1)} \right]}{ab} \quad (12)$$

Глубина  $h_{\text{ед}}$  соответствует такой глубине следа, при которой начинается разрушение ядра уплотнения, то есть напряжение достигает некоторого критического значения  $\sigma_{\text{ед}}$ .

### Заключение

Полученная зависимость (12) позволяет определить критическую глубину следа, при которой начинается такое негативное явление как разрушение ядра уплотнения почвы. Данная зависимость показывает, что с целью снижения негативных последствий процесса следообразования необходимо выбирать величину нормальной нагрузки на движитель, то есть формировать почвообрабатывающий агрегат, с учетом почвенных условий.

*Литература*

1. Бабков, В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов / В. Ф. Бабков, В. М. Безрук. Учебник для студентов автомобильно-дорожных вузов. М., «Высшая школа», 1976.
2. Снитко, Н. К. Сопротивление материалов / Н. К. Снитко - Л., 1975. 368 с. - с. 50.
3. Скотников В. А., Основы теории проходимости гусеничных мелиоративных тракторов / В. А. Скотников, А. Е. Тетеркин - Минск, «Вышэйшая школа», 1973. 256 с. - с. 42.
4. Бойков, В. Обоснование зависимости между сжимающими напряжениями и осадкой почвы / В. Бойков, Ч. Жданович, А. Орда // Ecological aspects of mechanization of fertilizers application plant protection, soil tillage and crop harvesting. Варшава. 1998.

УДК 631.173

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*Миклуш В.П., к.т.н., профессор  
(БГАТУ)*

*Сайганов А.С., д.э.н., профессор*

*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, г. Минск*

*Технический сервис* представляет собой совокупность услуг и работ по обеспечению эффективного использования по назначению и поддержанию машин и оборудования в исправном состоянии в течение всего срока службы или ресурса. Совокупность взаимосвязанных средств, нормативной документации и исполнителей услуг и работ по обеспечению эффективного использования по назначению и поддержанию машин и оборудования в исправном состоянии в течение всего срока службы или ресурса образует *систему технического сервиса*.

В основе построения эффективной системы функционирования технического сервиса, как отмечал академик А.И. Селиванов, «...должна находиться сама машина с заложенной в нее машиностроителями потребностью нуждаться в замене конструктивных элементов, не выдерживающих срок ее службы и в возобновлении неконструктивных (исходного монтажа, регулировок, смазки, окраски)». Мера этой потребности определена показателями надежности, заложенными в машину, при ее конструировании и изготовлении.

Современный мировой уровень развития сельскохозяйственного и автотракторного машиностроения, предусматривающий определенный диапазон полей допусков на размеры, пространственную геометрию, твердость материала, шероховатость поверхностей сопрягаемых деталей, а также технологическая невозможность заложить одинаковый ресурс рабочим, передающим и пассивным элементам машины, предопределяют ее неравномерность. Кроме того, случайный характер сочетания условий использования, по-разному воздействующих на различные элементы машины, позволяют предположить, что в обозримом будущем в сельское хозяйство не будут поступать равномерные конструкции машин, все структурные составляющие которых по истечении определенного периода использования достигали бы одновременно предельного состояния. Таким образом, техническое обслуживание и ремонт являются необходимыми и целесообразными ресурсосберегающими мероприятиями.

Технический сервис машин и оборудования, выпускаемых ведущими фирмами ЕС и Японии, ориентируется на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии, которые наиболее экономично реализуются в сфере ремонтного производства за счет