

Статья опубликована в сборнике докладов Всероссийской научно-практической конференции «Модели автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия» (ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 14-16 сентября 2010 г.). – Курск: Изд-во «Полиграфия», 2010 - С.126-129.

УДК 631.4.531

## ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЫ ПРИ МЕДЛЕННОМ СЖАТИИ

Дьяков В.П.

ВНИИ земледелия и защиты почвы от эрозии

Резюме: Рассмотрен процесс деформирования почвы как перемещение структурных элементов почвенной системы

В сельскохозяйственной практике нагрузки на почву, приводящие ее к разрушению, прикладываются в весьма широком диапазоне скоростей. При этом затраты энергии на ее разрушение рекомендуется определять по универсальной зависимости вида:

$$K = K_0 + A f(V),$$

где  $K_0$  - затраты энергии при максимальном значении скорости ( $V \dots 1,5$  м/с), до которого ее увеличение не влияет, или почти не влияет, на рост затрат;  $A$  - постоянная величина;  $V$  - скорость обработки, по значению выше, чем при  $K_0$ , то есть выше  $V_0$ .

Однако опыт показывает, что сопротивление песчаных почв увеличивается при увеличении скорости от значения, близкого к нулевому, до значения  $V_0$ . В то же время сопротивление суглинистых почв, находящихся в структурно-активном состоянии, с увеличением скорости приложения нагрузки, начиная от нулевого значения, уменьшается, а затем возрастает по вогнутой кривой  $1/$ . Следовательно, влияние скорости при деформировании почвы при медленном и быстром сжатии различны. Вместе с тем считать, что процесс сжатия почвы, медленный или быстрый, зависит от абсолютной скорости его развития не верно, поскольку он зависит от характера его

протекания.

На основании сказанного, медленным сжатием (деформированием) будем считать такой процесс, что близко к реальности, когда скорость структурных и структурно-упругих деформаций меньше или равна скорости релаксации деформирующих напряжений. Это значит, что в данном процессе поступающая внешняя энергия успевает полностью реализоваться на перемещения твердых частиц и их агрегатов в новые положения равновесия, устранение дефектов структуры - полости, пустоты, микротрещины- и удаление излишков воды и воздуха.

В почвах, в отличие от сплошных тел, деформирующие напряжения от внешней нагрузки передаются на твердые частицы не сразу, а от одной частицы к другой через точки их контакта. На это требуется определенное время, поскольку процесс перемещения отдельных частиц совершается как работа и поэтому не может протекать мгновенно.

В первый момент с начала приложения нагрузки действием деформирующих напряжений оказывают как скелет почвы, так и вода и воздух. Доля участия каждой из этих структурных фаз в замкнутом объеме почвы, очевидно, пропорциональна величинам их модулей упругости. Так, как модуль упругости скелета выше, чем модули других фаз то основную роль в сопротивлении почвы играет скелет. Первыми на нагрузку от перемещающегося с постоянной скоростью штампа 1 (рисунок) воспринимают те частицы скелета, которые расположены непосредственно по площадкам контакта с поверхностью штампа. Затем эти частицы, перемещаясь со скоростью штампа, оказывают, в свою очередь, воздействие через контакты и упругие силы сцепления между частицами на соседние; последние на последующие и так далее. Вслед за началом перемещения твердых частиц начинают движения вода и воздух и проявляется их вязкое сопротивление. Последующее вовлечение в движение все новых и новых частиц и их групп приводит к уплотнению почвы, т.е. к повышению концентрации твердых частиц и уменьшению абсолютного и относительного объема пор, пустот и заполняющих их воды и воздуха. Чем

больше незащемленных воды и воздуха удалено из сжатого объема почвы, тем большая нагрузка переходит на твердые частицы, тем равномернее она распределена по площади контакта почвы и штампа.

Большое практическое и теоретическое значение имеет некоторое стабильное конечное состояние, когда вся внешняя нагрузка, необходимая в количественном отношении для разрушения почвы, воспринимается наибольшим количеством твердых частиц. В этом состоянии впереди штампа, воздействующего на открытый или закрытый с двух сторон выступ почвы, до сечения Р-Р образуется слой уплотненной почвы 2 (рисунок) без возможности относительно перемещения составляющих его частиц и, тем более, возможности перемещения их за его пределы. Поэтому при дальнейшем перемещении штампа твердые частицы включаются в движение не дискретно, а по всему фронту сжатия одновременно, как в сплошных телах.

После начала движения сечения Р-Р, ставшего частью штампа, развиваются фазы структурного и структурно-упругого деформирования, обуславливающие уплотнение почвы впереди этого сечения. В результате одноосного сжатия безвозможности бокового расширения при продольном сжатии на величину  $\Delta \epsilon$ , поперечное уменьшение сжимаемого объема почвы составит  $\mu \Delta \epsilon$  ( $\mu$  - коэффициент Пуассона). В результате бокового сужения плотность и прочность объема почвы соответственно возрастают.

При воздействии штампа на открытый с двух сторон выступ почвы в нем испытывает поперечное расширение. В этом случае плотность и прочность почвы соответственно убывают.

При перемещении частиц в процессе уплотнения происходит их перегруппировка и переориентация относительно действующих напряжений. В осевом направлении частицы устанавливаются базисными плоскостями перпендикулярно действию нормальных напряжений  $\delta$ ; на поверхности сжимаемого объема - параллельно действию касательных напряжений  $\tau$ . Последние возникают уже с начала сжатия и последующего движения объема,

перемещающегося одновременно с уплотнением почвы внутри его. В результате перемещения уплотняемого объема почвы относительно соседних о нем масс почвы возникает неизбежное разрушение связей (сцепления) между частицами этих масс и сдвиг уплотняемого объема, происходит по образующейся поверхности по типу сдвига "плитка по плитке" при равенстве напряжений на границах поверхности сдвига /2/. - Изменения размеров объема уплотнения почвы в поперечном и продольном направлениях происходит одновременно и практически с постоянным отношением их абсолютных величин. В этой связи формируемое в процессе уплотнения почвенное тело приобретает в последствии форму продольного сечения в виде треугольника (почвенный клин) или овала (уплотненное ядро). Уже о момента начала формирования почвенного тела его боковая поверхность приобретает избирательную пропускную способность: пропускать воду и воздух и не пропускать твердые частицы. Наклон ее образующей к основанию штампа характеризуется углом  $\alpha$ , определяемом в первом приближении по зависимости:

$$\alpha \geq \pm \arctg \mu$$

где  $\mu$  - угол внутреннего трения почвы.

После завершения формирования почвенного тела вся деформирующая энергия расходуется на уплотнение почвы внутри его. Пределом уплотнения является такое внутреннее напряжение, при котором давление на его поверхности приведет соседние с почвенным телом массы почвы в состояние предельного равновесия. Данное напряженно-деформируемое состояние соответствует моменту, когда прочность почвы исчерпана и дальнейшее увеличение деформации или нагрузки приводит ее к разрушению. В этом напряженном состоянии почвенное тело 3 (почвенный клин или уплотненное ядро) становится частью штампа. Их поступательные скорости выравниваются и дальнейшее разрушение почвы осуществляется этим телом /3/: тупая свая превращается в заостренную.

К ярко выраженным процессам медленного сжатия относятся:

уплотнение пахотного слоя поддействием гравитационных сил; расслабление сцепления между частицами почвы из-за орошения; уплотнение почвы под неподвижно стоящими сельскохозяйственными машинами. К медленному сжатию почвы можно отнести обработку почвы клинообразными рабочими органами, работающими на скорости до 3,5...5 км/час. Здесь следует подчеркнуть, что основоположник земледельческой механики В.П. Горячкин к увеличению рабочих скоростей почвообрабатывающих орудий относился весьма "прохладно" и предпочтение отдавал увеличению рабочей ширины захвата.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяков В.П., Кобченко С.Н. Еще раз о клине.- Научное обеспечение агропромышленного производства (материалы Международной научно-практической конференции, 20-22 января 2010г., г. Курок, ч.3).-Курск, -2010.

2. Березанцев В.Г. Расчет прочности оснований сооружений.- М.: Госстройиздат,- 1966.

3. Цытович Н.А. Механика грунтов - М.:Госотройиздат,-1963.

Ключевые слова: ПОЧВА, ДИФОРМИРОВАНИЕ, МВДИШОЕ СЖАТИЕ.ЭЛЕМЕНТЫ ПОЧВНОЙ СИСТЕМЫ.

## Дневная поверхность

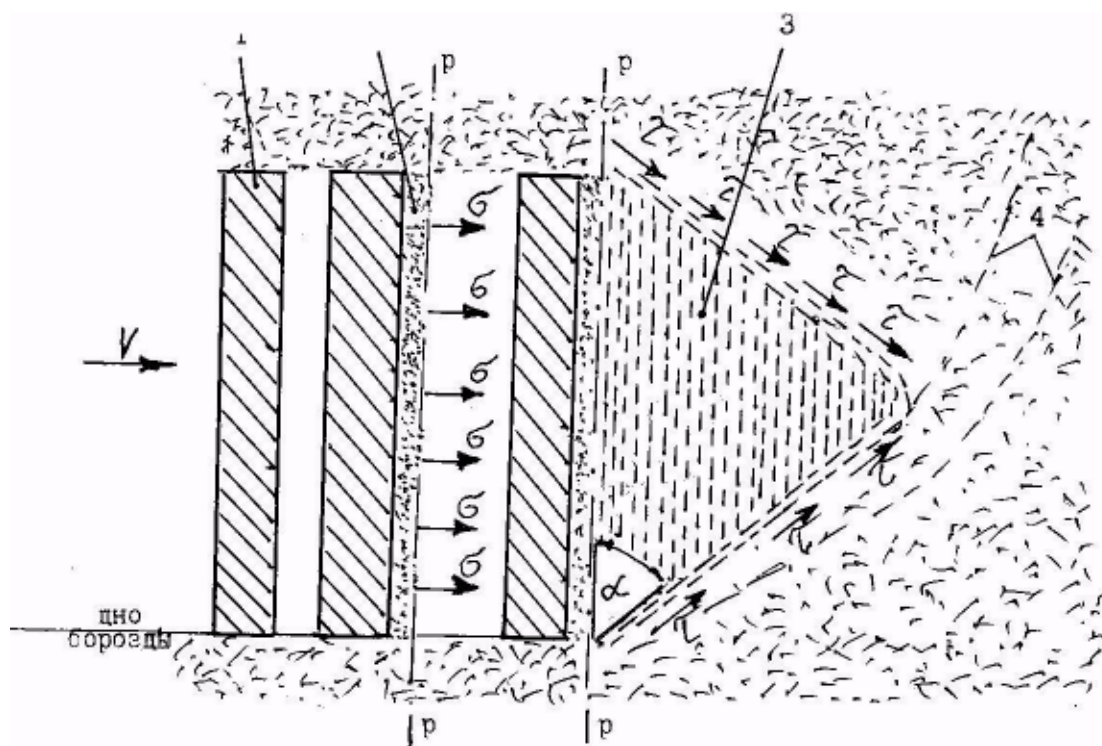


Схема процесса деформирования почвы:

1 – штамп; 2 – уплотнённый слой почвы; 3 – почвенный клин; 4 – гипотетические поверхности разрушения почвы.