

О ДЕФОРМАЦИИ ПОЧВЫ ПРИ РЫХЛЕНИИ

Деформации почвы, возникающие при воздействии рабочих органов рыхлителей разнообразны и достаточно сложны по структуре.

При воздействии рабочего органа на почву, в начальной стадии происходит уплотнение некоторого её объема, вследствие чего почвенные частицы вдавливаются во внутрь пласта, а затем последний скальвается в направлении движения под углом θ и по бокам под углом φ . Возникающие деформации при рыхлении почвы можно по их характеру разделить на следующие основные виды:

Деформации, возникающие вследствие смятия и уплотнения почвы, скалывания почвы по направлениям движения рабочего органа перпендикулярному движению рабочего органа.

Почва под воздействием рабочего органа скальвается в плоскости, где касательные напряжения превосходят временное напряжение сдвигу почвы под углом $\theta = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \delta}{2}$. Эта закономерность наблюдается при угле установки рабочих органов рыхлителя меньше или близких к углу трения почвы о металл. С увеличением угла установки рабочего органа перед ним образуется сферическая почвенная поверхность, которая двигаясь совместно с рабочим органом, является новой рабочей поверхностью воздействия.

Движение почвы по наклонной поверхности при условии $\alpha > \varphi$ возможно, если горизонтальная составляющая реакции минимальна. При этом движение почвенных частиц происходит, если горизонтальная составляющая от противодействующей силы опорной поверхности будет равна или меньше горизонтальной составляющей от движущей поверх силы.

Рассмотрим условие работы плоского клина когда почва скалывается, а затем под воздействием касательных напряжений разрыхляется. Разрыхленная почва, опираясь с одной стороны на поверхность клина, а с другой — на плоскость скалывания, поднимается вверх по этим поверхностям, в результате происходит сдвиг почвенных частиц по поверхностям воздействия и скалывания почвы. Расположение линий пересечения плоскостей сдвигов совпадает с начальной точкой скалывания почвы, что указывает на пересечение плоскостей

сдвигов в одной точке. Таким образом, точка пересечения плоскостей сдвигов является начальной точкой движения почвенных частиц.

При условии $\alpha \leq \varphi$ эта точка практически будет находиться непосредственно на нижней грани клина, следовательно, и движение нижних почвенных частиц должно начинаться с этой же точки.

С увеличением угла атаки клина до $\alpha \geq \varphi$ направление сил, действующих на почву, меняется. При этом величина силы, необходимой для скалывания почвы, превосходит силу воздействия, значительно увеличивается горизонтальная составляющая N_x , в силу чего почвенные частицы вдавливаются во внутрь пласта и образуются новые поверхности сдвигов, углы воздействия которых по своей величине приближаются к углу внутреннего трения почвы. После образования новой поверхности воздействия происходит скалывание почвы под углом $\theta_n = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$.

Так как точка пересечения линий сдвигов (в проекции) является исходной для образования скалывания почвы, то расположение точки начала скалывания при условии $\alpha \geq \varphi$ определяет нижнюю грань клина.

В зависимости от глубины обработки и величины угла установки, точка пересечения плоскостей сдвигов (в проекции), следовательно и начало скалывания почвы, находится на различных расстояниях C от клина. Это расстояние можно определить по выражению (рис. I):

$$C = a (\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha) \quad (1)$$

где: a — глубина обработки почвы;

φ — угол внутреннего трения почвы.

Для доказательства изложенного нами был проведен специальный эксперимент.

Опыты по определению угла скалывания почвы проводились в лабораторных условиях, в почвенном кювете, боковая стенка которого была выполнена из прозрачного органического стекла, с нанесенной на его поверхности координатной сетки, позволяющей определять величину и направление деформации. Рабочие органы были установлены на неподвижном основании.

В почве устанавливались камни светлого цвета, имеющие диаметр $\varnothing 20 \div 30$ мм с предварительно известными координатами.

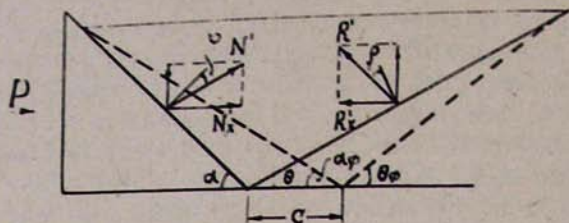


Рис.1. Силы возникающие в почве при воздействии с клином.

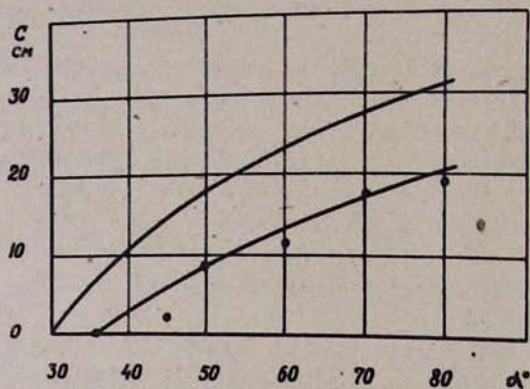


Рис.2. Влияние установки рабочего органа на расстояние до точки пересечения плоскостей сдвига.

Для исключения влияния остаточной деформации, камни оставались в почве два-три дня. Помимо пройденного пути кивета, одновременно регистрировались координаты перемещения камней в почве. Опыты проводились на различных глубинах с рабочими органами, имеющими разные углы установки и ширину захвата.

Под воздействием рабочего органа, впереди лежащая почва и находящейся в ней камень начинают перемещаться по плоскостям сдвигов. При $\alpha \leq \varphi$ клин плотно подходит к камню, а затем, под его давлением двигается по плоскости скалывания.

При условии $\alpha \geq \varphi$, камень начинает свое движение значительно раньше подхода к нему клина. С увеличением угла установки клина, увеличивается расстояние между начальной точкой движения камня и клином, что объясняется образованием уплотненного ядра большей высоты.

Анализом траекторий движения камней установлено, что угол между горизонтальной плоскостью и плоскостью скалывания почвы находится в пределах $30 \pm 35^\circ$.

Установлено также, что начальная точка движения камня соответствует точке пересечения плоскостей сдвигов. Зависимость расстояния S от угла приведено на рис. 2, из которого видно, что экспериментальные точки хорошо согласуются с теоретическими.

При определении боковых скалываний почвы нами рассматривались два случая:

- а) боковые скалывания, возникающие непосредственно в процессе рыхления;
- б) боковые скалывания, возникающие при вдавливании штампа в горизонтальном направлении.

При вдавливании четырехгранного штампа по горизонтали, перед ним образуется почвенный клин, который двигаясь одновременно с ним, производит смятие почвы. По мере продвижения штампа в почве, размеры почвенного клина постепенно увеличиваются. При равенстве угла вершины клина внутреннему углу трения почвы, почвенный клин достигает максимальной величины:

$$e = \frac{B}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad \dots (2)$$

где: e - высота поперечного сечения почвенного клина, B - ширина клина. Дальнейшая деформация происходит под непосредственным воздействием почвенного ядра.

При вдавливании штампа на глубину ниже 15-20 см происходит скалывание:

а) на поверхности почвы по трем направлениям. Из них одно совпадает с главным направлением движения приложенной силы, а два других направлены в сторону боковых давлений;

б) на вертикальной плоскости по боковым направлениям от штампа вверх.

Боковые скалывания в почве происходят в результате формирования призм выпирания, образующихся на площадках сдвигов под воздействием боковых давлений и появления в них сплошных криволинейных поверхностей скопления.

Угол между направлением линии скольжения и горизонтальной плоскостью составляет $\psi = 45^\circ - \frac{P}{2}$, а в малосвязанных почвах $\psi = 45^\circ - \frac{P}{2}$. Обозначим этот угол, углом боковых деформаций.

На поверхности почвы образуются пучок линий скольжения, которые пересекаются в одной точке, расположенной на определенном расстоянии X от поверхности вдавливания штампа, при этом, углы образованные линиями скалывания, равны между собой. Расстояние X должно соответствовать величине суммы высоты почвенного куча и пройденного штампом отрезка, при котором почва приводится в предельно напряженное состояние.

Дальнейшее увеличение приложенной силы влечет за собой нарушение предельного равновесия, т.е. происходит выпирание почвы по обеим сторонам штампа.

Очевидно, необходимая сила вдавливания штампа по горизонтальному направлению будет прямо пропорциональна глубине вдавливания, ибо с увеличением последней, пропорционально увеличатся размеры призмы выпирания, следовательно и площади скалывания, что и требует соответственно большего усилия.

При вдавливании штампа в горизонтальном направлении измерялись сила вдавливания и величина деформации.

Поверхность почвы, где производилось вдавливание штампа, покрывалась размельченной известью, что способствовало получению четкой картины трещин после опыта. Появившиеся в результате вдавливания штампа трещины заливались раствором гипса, после чего производились поперечные разрезы с целью определения зоны распределения трещин по трем указанным направлениям.

Эксперименты проводились в почве с коэффициентом её трения о металл $f = 0,35$, внутреннего трения $f' = 0,63$ и коэффициентом смятия $\beta = 1,4 \text{ кг/см}^3$. На выбранном участке полностью отсутствовали механические включения и корневые системы растений.

Вдавливание штампа производилось в горизонтальных слоях, расположенных от поверхности почвы на глубинах 10, 20, 30 и 40 см.

При вдавливании штампа по горизонтали, непосредственно у его краев с обеих сторон образуются трещины, которые представляют собой ломаную линию, не всегда симметричную со штампом, однако, угол между двумя средними линиями скалывания остается постоянным для данной глубины вдавливания. Значение углов боковых скалываний находится в пределах $\psi = 45^\circ - 50^\circ$. Сила вдавливания штампа в различных слоях различна. Она возрастает с увеличением глубины приложения штампа (до глубины 50 см сила вдавливания изменяется незначительно). На рис. 3 приводится кривая зависимости силы вдавливания от глубины установки штампа. Как это видно на рис., в интервале от точки А до В образуются боковые трещины, которые начинаются с двух сторон штампа и выходят на поверхность поля. Кроме того, на поверхности поля образуется пучок трещин, пересекающихся в одной точке. Все указанные трещины хорошо выявлены. В интервале ВС боковые трещины выявлены очень слабо и на поверхности они незаметны. В зависимости от влажности почвы закономерность изменения сил вдавливания и образования боковых трещин меняются по-разному. Линия, проведенная пунктиром, показывает интервалы образования боковых трещин и закономерность изменения силы воздействия штампа в более влажной почве.

На рис. 4 приводится график изменения силы вдавливания штампа по горизонтальному направлению, в зависимости от величины деформации почвы показывающий, что по мере возрастания величины деформации почвы сила вдавливания штампа возрастает, причем сначала интенсивно, а затем незначительно.

Боковые деформации, возникающие при рыхлении почвы рыхлителями нами исследованы и результаты опубликованы в работах [2-и 3].

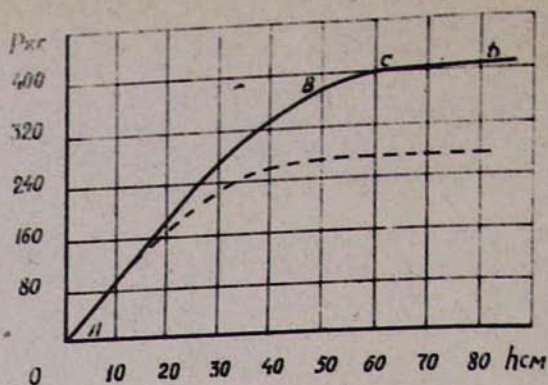


Рис. 3. Кривая зависимости силы горизонтального вдавливания от глубины воздействия штампа.

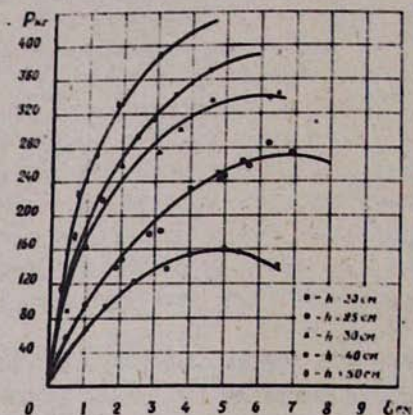


Рис. 4. Зависимость величины деформации почвы от силы вдавливания штампа при различных глубинах воздействия.

Выводы

Характер и направление деформации почвы, возникающие под воздействием рабочих органов рыхлителей, в основном, зависят от угла установки, ширины захвата, глубины обработки и физико-механических свойств почвы.

С увеличением угла установки, на рабочем органе образуется новая сферическая поверхность (уплотненное ядро), которая двигаясь с ним, является как-бы деформатором почвы.

При условии $\alpha \geq \varphi$ равнодействующая сила (которой и обусловлено образование деформации) отклонена от нормали новой сферической поверхности на угол внутреннего трения почвы.

Скалывание почвы происходит, в основном, по плоскости сдвигов, углы которых для данных почвенных условий являются постоянной величиной.

Начало точки скалывания почвы находится на линии пересечения плоскостей воздействия и сдвигов.

Боковые скалывания почвы происходят от нижней грани рабочего органа и распространяются снизу вверх, под углами $45-50^\circ$.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОРЯЧКИН В.П. Собрание сочинений, том 6, Сельхозгиз М. 1948.
2. ГРИГОРЯН Ш.М. и др. О некоторых вопросах воздействия почвы и рыхлительных лап. Известия МСХ № 10, 1966.
3. РАМАЗЯН Р.А. Боковые деформации, возникающие в почве при её обработке рыхлительными рабочими органами. Известия МСХ, № 3, 1961.

Ա Մ Ք Ո Փ Ո Ւ Մ

Փարեցնող օրգանների ազդեցության տակ հողում առաջացող դեմորմացիաները բնութագրվում են.

1. Տրորման և խառցման հետևանքով առաջացող դեմորմացիաներ:
2. Բանվորական օրգանի շարժման ուղղությամբ առաջացող մաքեր:
3. Բանվորական օրգանի շարժմանը ուղղահայաց ուղղությամբ առաջացող մաքեր:

Հողվածում դիտվում է երկու դեպք.

- ա/ երբ բանվորական օրգանի զրոհի անկյունը $\alpha \leq \varphi$ / - հողի և մետաղի միջև շփման անկյունը/
բ/ երբ $\alpha > \varphi$

Այս դեպքում նշված օրինաչափությունը չի պահպանվում: Բանվորական օրգանի վրա առաջանում է, հողի խառցված զանգվածից, նոր ազդող մակերես, որի նորմալ ուժի նկատմամբ, համագոր ուժը թեքված է լինում ներքին շփման անկյան մեծությամբ:

ժաքերի առաջացման դիրքը և ուղղությունները որոշելու համար դրվել են հատուկ փորձեր շարժական կյուվետում: Հողում նախօրոք տեղակայվել են փոքր տրամաչափի, բաց գույնի թափեր, որոնք փոխրեցնող բանող օրգանի ազդեցության տակ, սահքի հարթությունով դուրս են գալիս հողի մակերես: Չափվել են թափերի շարժման կոորդինատները, որը հարավորություն է տվել պարզելու սահքի հարթության դիրքը ազդող բանող օրգանի նկատմամբ:

Պարզվել է, որ մաքերը հիմնականում առաջանում են սահքի հարթություններով, որոնք սկիզբ են առնում բանող օրգանի հարթության հետ հասման գծից: ժաքերի առաջացման սկզբնականի դիրքը կարելի է որոշել առաջարկվող /1/ արտահայտությունից:

Կողային մաքերը ուսումնասիրվել են հորիզոնական ուղղությամբ դրոշմը հողում խցկելու միջոցով: Դրոշմը խցկելուց հետո հողում առաջացող մաքերը լցվել են զիլսով, որից հետո կատարվել է հատուկ փորձերը հարավորություն է տվել որոշելու կողային մաքերի ուղղությունները: Կողային մաքերը առաջանում են ազդող բանող օրգանի ծալքից և բարձրանում են մինչև հողի մակերեսը իրար նկատմամբ ոչ համաչափ: Կողային մաքերի միջև կազմված անկյունը $45-50^\circ$ կախ-

ված ազդման խորութիւնից հաստատուն մեծութիւնն է: Պարզաբանված է
կողային ժաքերի առաջացման և նրանց տարածման ընդլայնը: Բացահայտված
է ազդող ուժի և հողի դեֆորմացիայի կապը, ինչպես նաև ազդող ուժի
փոփոխման օրինաչափութիւնը կախված դրոշմի խցկման խորութիւնից
/հողի մակերեսից հաշված/:

Կողային դեֆորմացիաների առաջացումը անմիջապես փերեցման պրո-
ցեսի ընթացքում մեր կողմից մանրամասն ուսումնասիրվել և արդիւնք-
ները հրատարակվել են /2/ և /3/ աշխատութիւններում: